

下久保ダム堆砂に関する技術資料

令和2年12月1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	19
7. 対策実施に関する影響軽減、コスト縮減、新たな取組	28

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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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）

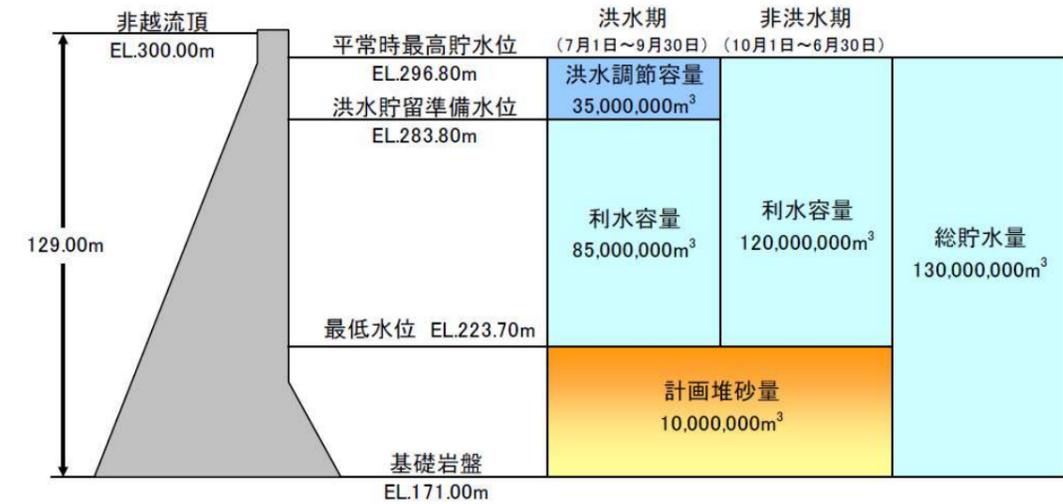


図 2 下久保ダム容量配分図

●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

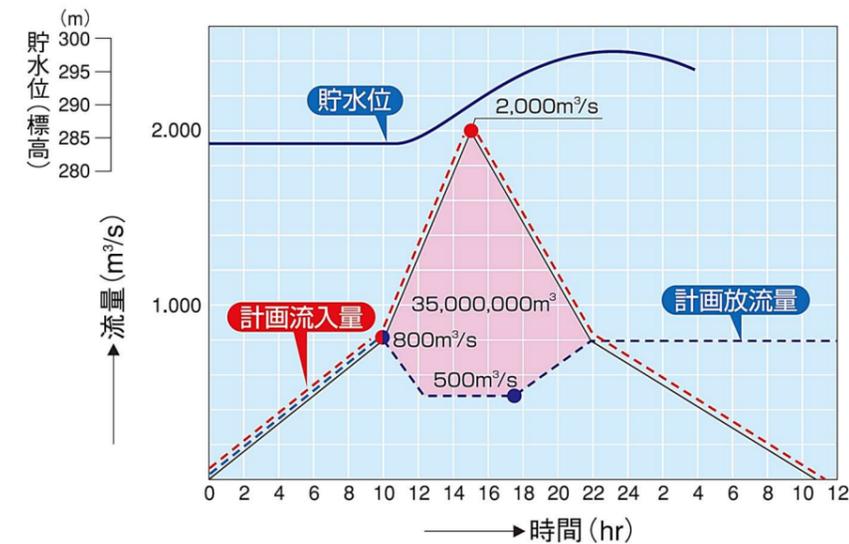


図 3 下久保ダム洪水調節計画

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 16,840km² 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 8,600km² 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。

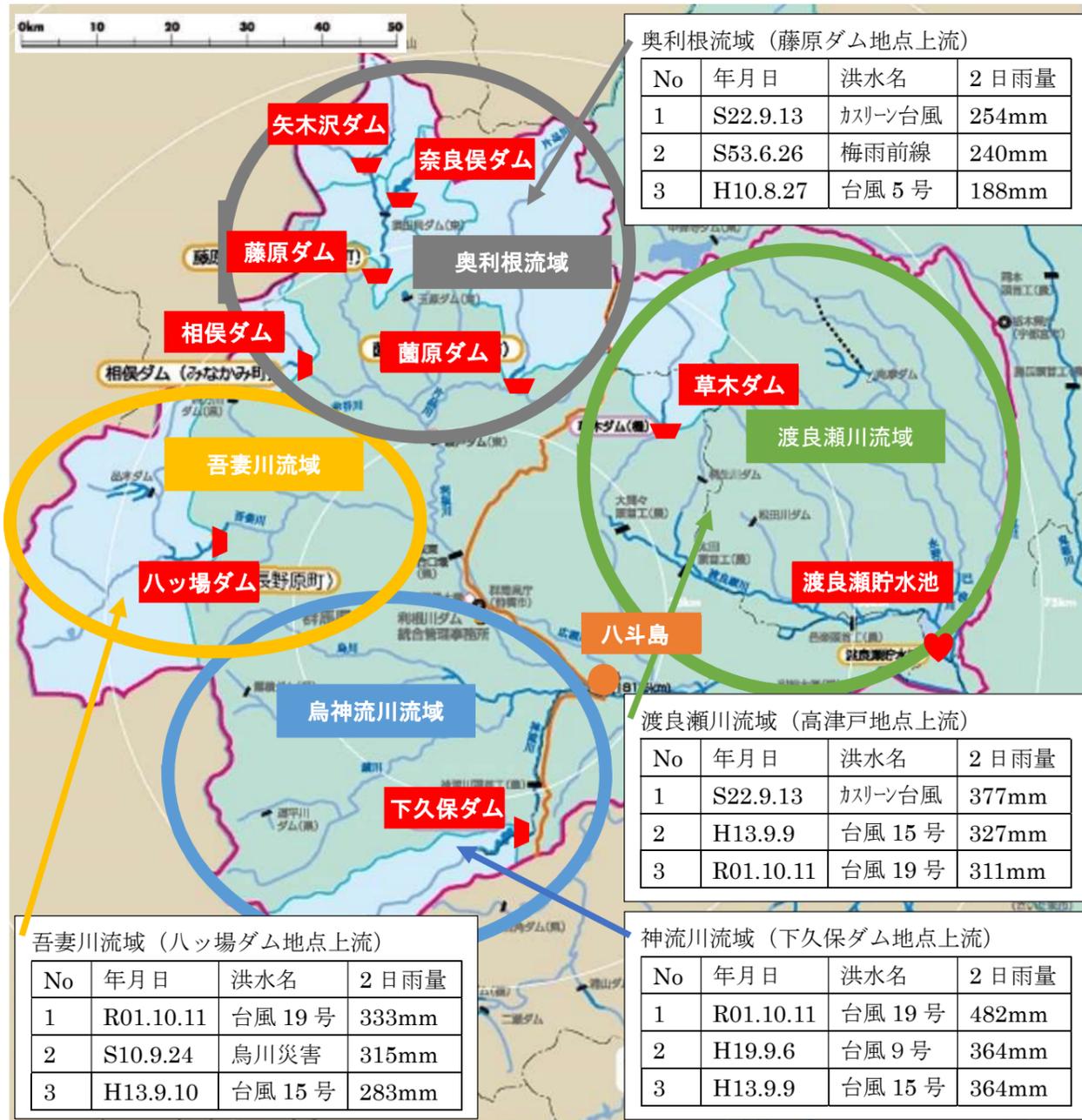


図 4 利根川上流域における国交省が所管する直轄及び水資源機構ダムの位置

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 ²	治水容量 万 m ³	相当雨量 mm	利水容量 (洪水期) 万 m ³	利水容量 (非洪水期) 万 m ³
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 ² の流域で標高 500m 以上の山地が約 90% を占める。 冬期降雪量が他流域に比べ著しく多い。	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 ² の流域。 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 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 1,800 km ² の流域で平地の割合が高い。 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 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 2,600 km ² の流域。 降水量は比較的多い 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 12.6m³/s、埼玉県水道 2.3m³/s 及び埼玉県工水 1.1m³/s、合計 16.0m³/s**の河川水を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 140m³/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 14.9m³/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 m³/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

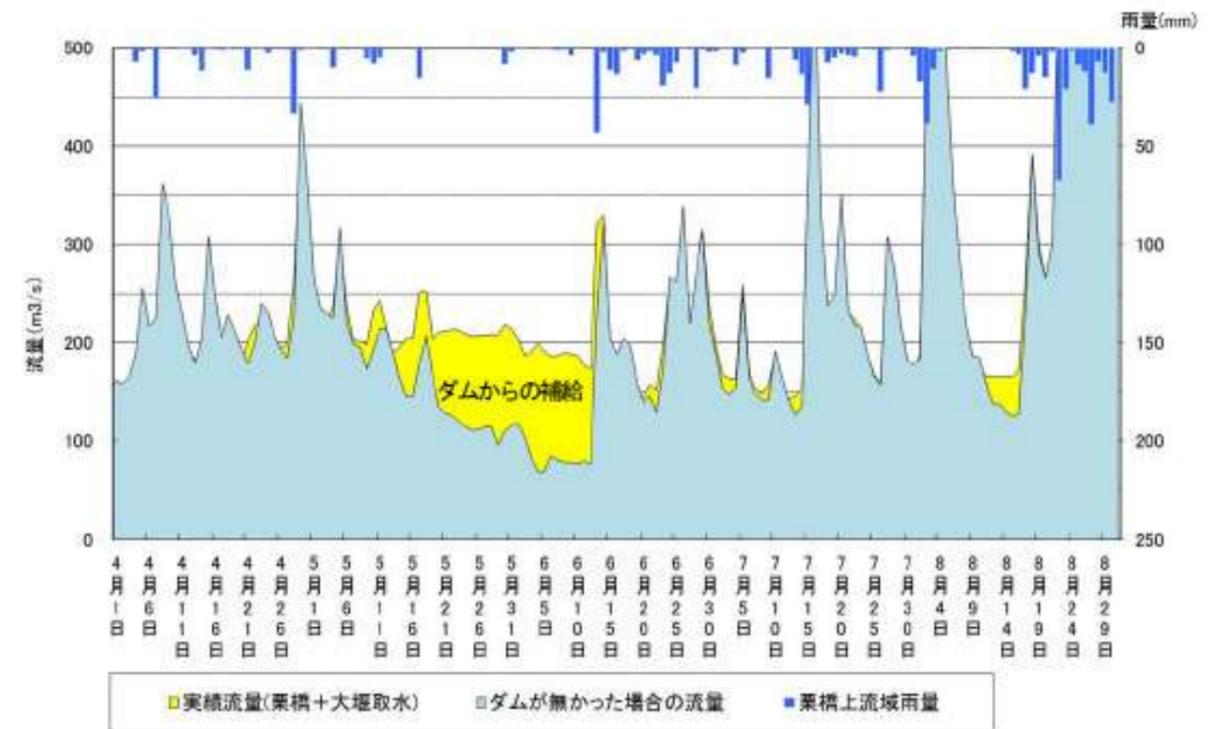
表 3 利水ユーザの全供給量に占める下久保ダムの割合

	東京都 水道用水 (m ³ /s)		埼玉県 水道用水 (m ³ /s)		埼玉県 工業用水 (m ³ /s)	
開発水量（下久保）	12.60	16.0%	2.3	5.9%	1.1	36.5%
開発水量（下久保以外）	42.01	53.2%	28.83	73.7%	-	-
自流	5.91	7.5%	1.25	3.2%	1.91	63.5%
地下水	-	-	6.75	17.3%	-	-
他水系への依存	18.40	23.3%	-	-	-	-
合計	78.91	100%	39.13	100%	3.01	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 年に水源としての下久保ダムが完成**。これらにより、かんがい期に神流川頭首工にて取水する 13.688m³/s の内、下久保ダムより渡瀬地点において 10m³/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、最大の流入量の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 1,840m³/s の流入時においても、下流への放流を無害流量である 800m³/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。

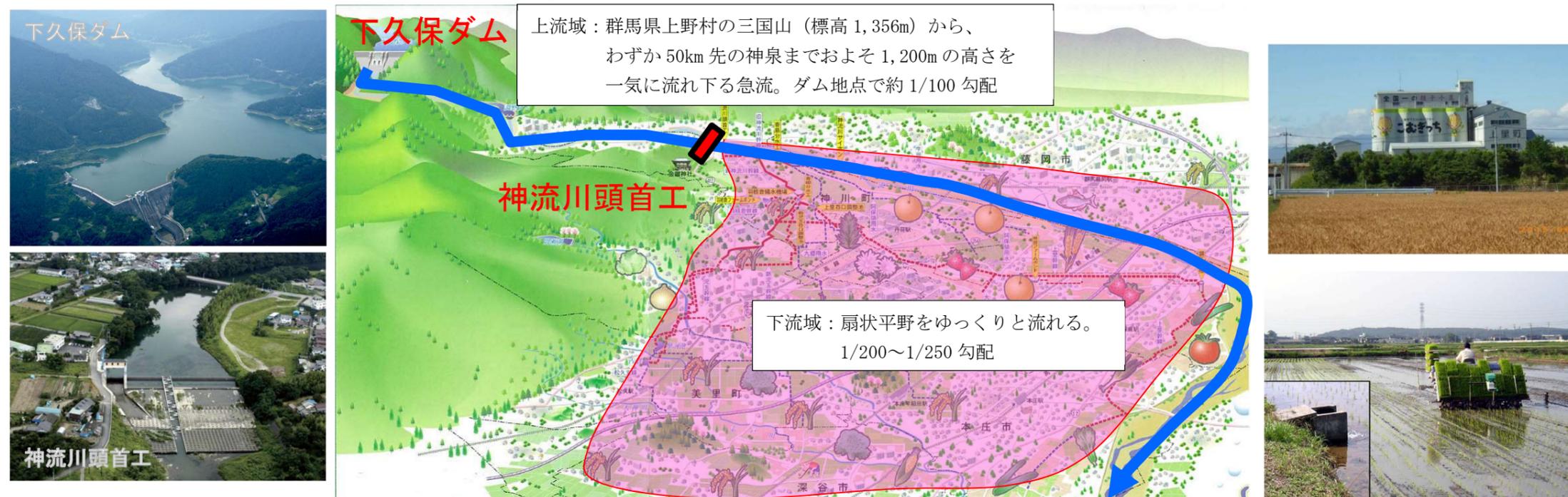


図 7 神流川下流の扇状地における農業の特産品

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

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

⇒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、12m³/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CO₂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CO₂吸収効果がある。

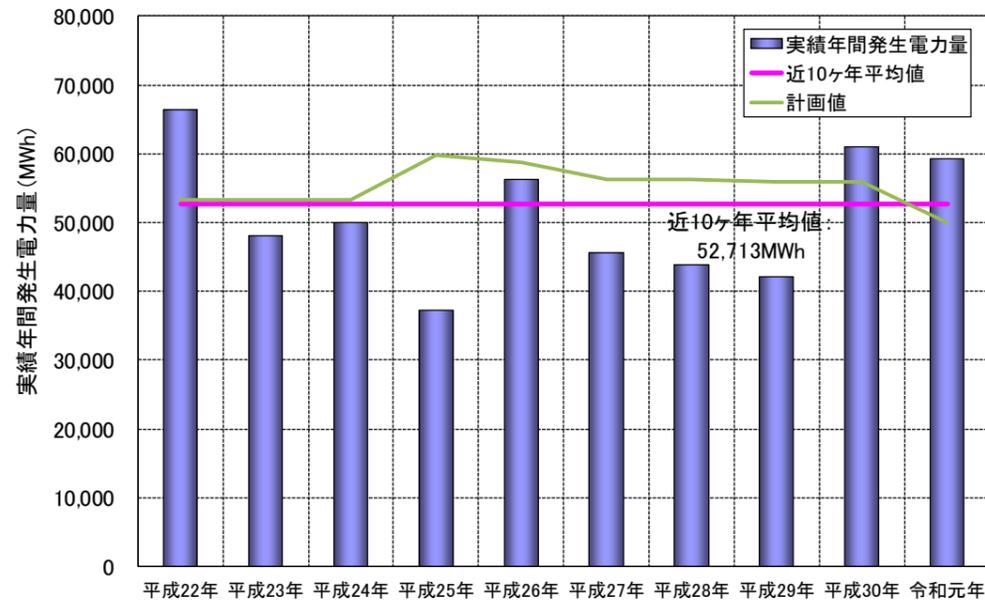
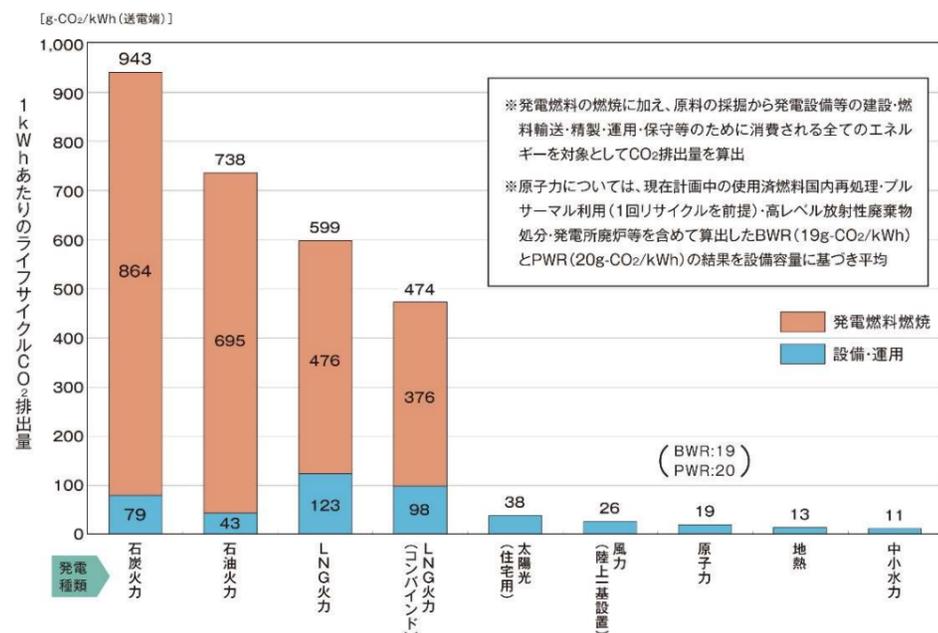


図9 近10か年の下久保ダムの年間発電量
(下久保発電所及び第二発電所の年間発生電力量(実績値))



出典：日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価

図10 各発電方式のCO₂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CO₂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CO₂発生抑制効果
【条件】 1世帯から1年間に排出されるCO₂：4,480kg (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CO₂発生抑制効果。

下久保ダムの水力発電によるCO₂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CO₂発生抑制効果。
【計算式】 38,322 (t/年間) ÷ 8.8 (t/年間・ha) = 4,354ha = 43.5km²
 ⇒ 下久保ダムの水力発電により、スギ林43.5km² (山手線内側の2/3位) と同程度のCO₂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サイト (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CO₂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m³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m³（令和元年度単年で+139万m³）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m³（令和元年度に+25万m³）。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m³）内の堆砂量は706万m³で5.9%に堆砂が進行。特に、利水容量（8,500万m³）内における堆砂量は684万m³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

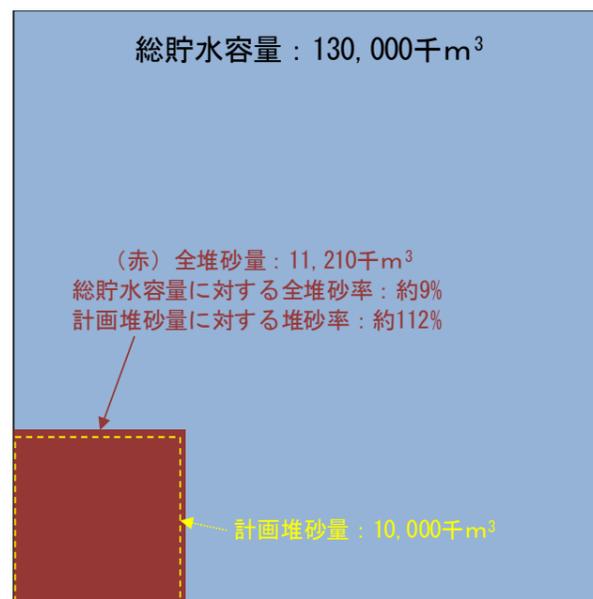


図13 総貯水容量と堆砂量の比較

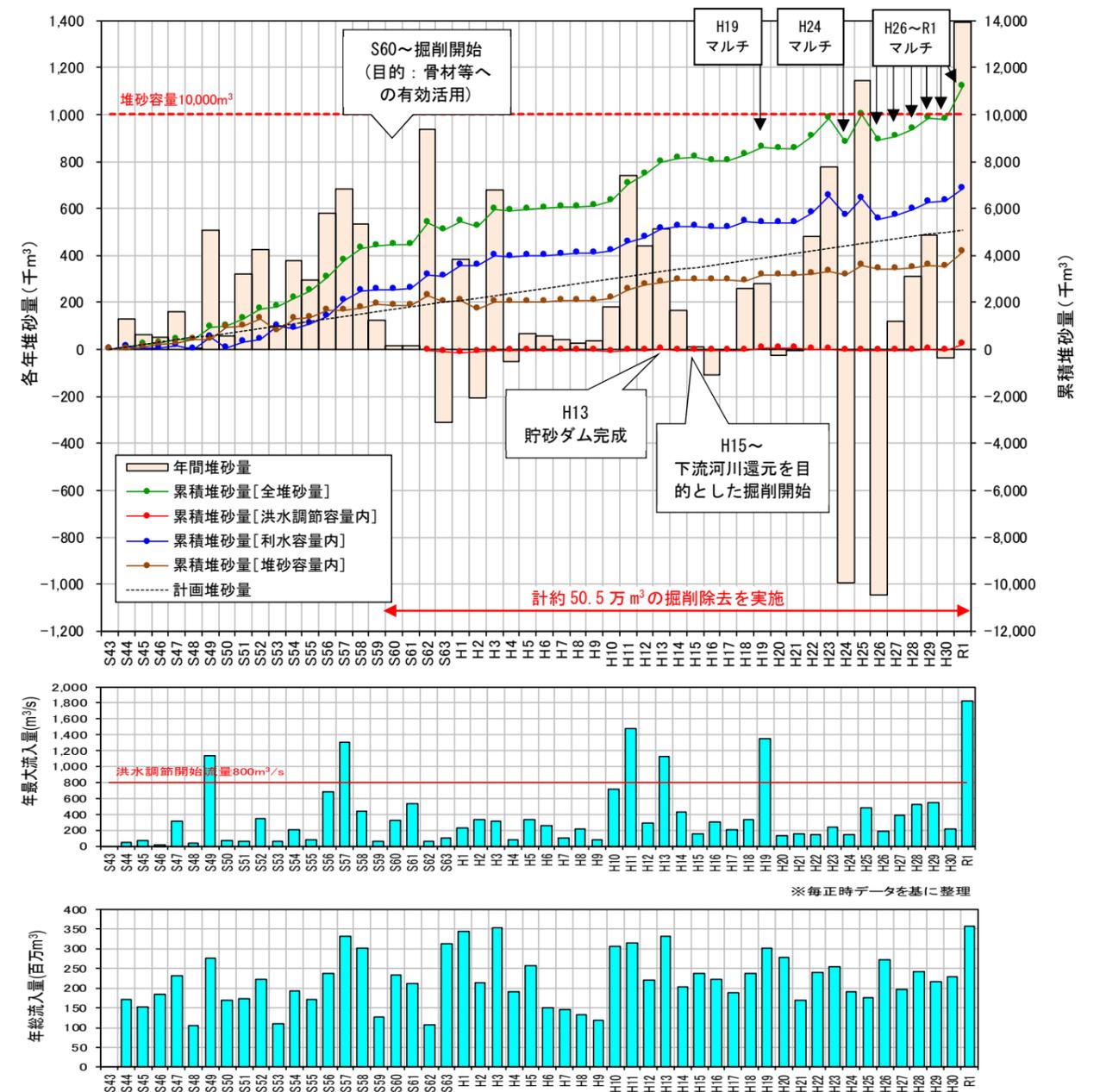


図14 令和元年度堆砂状況

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 ³ 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

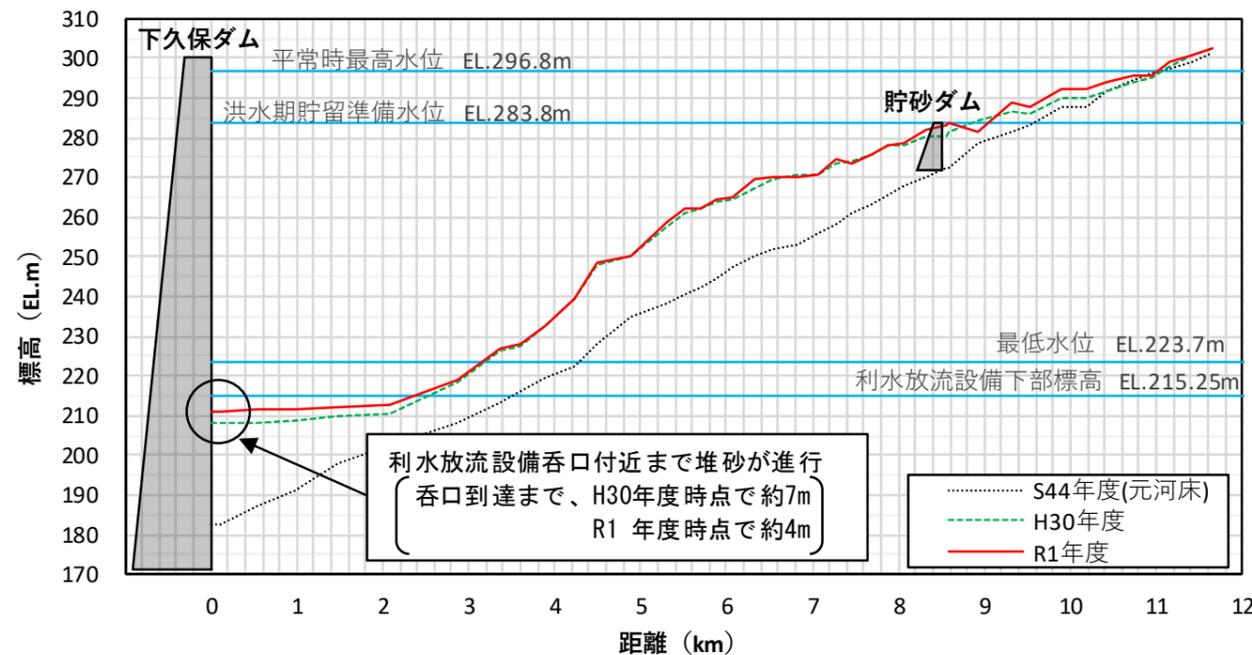


図16 取水口付近の堆砂堆砂状況

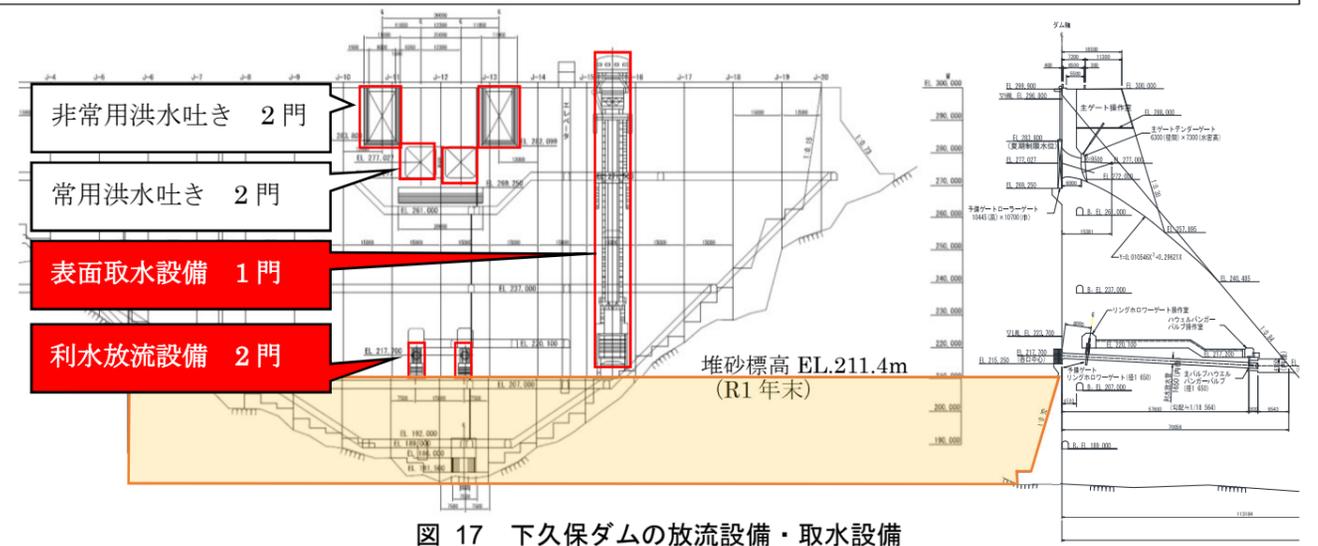


図17 下久保ダムの放流設備・取水設備

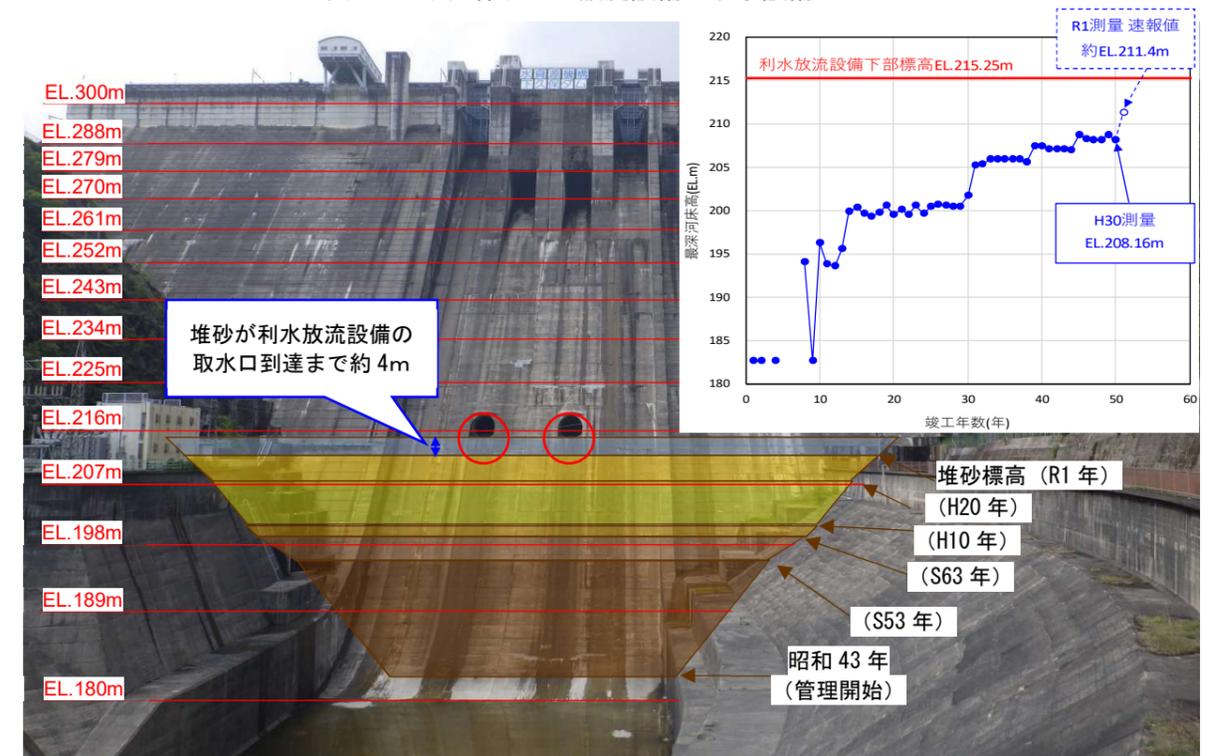


図18 取水口付近の堆砂堆砂標高の経年変化

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に実施され、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。

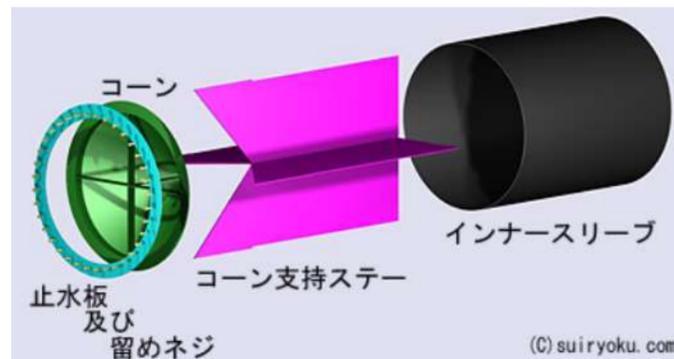
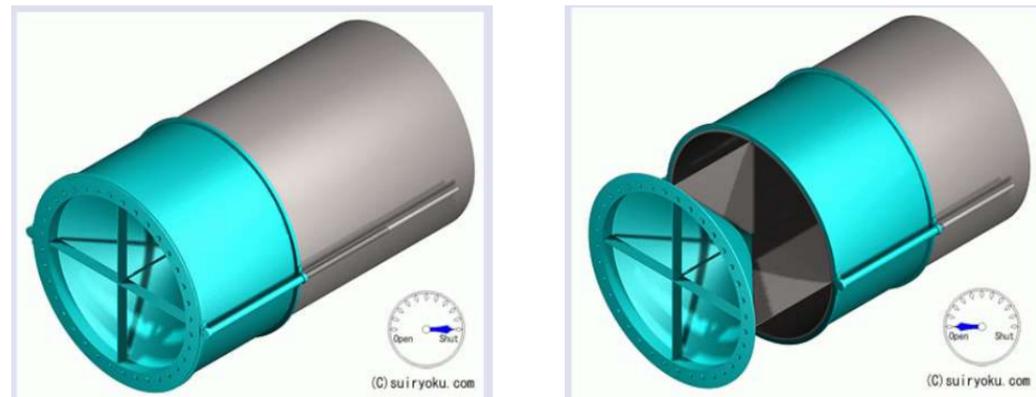
型式 : 固定コーン（フィクストコーン）水流分散型バルブ

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 : コーンの周囲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。

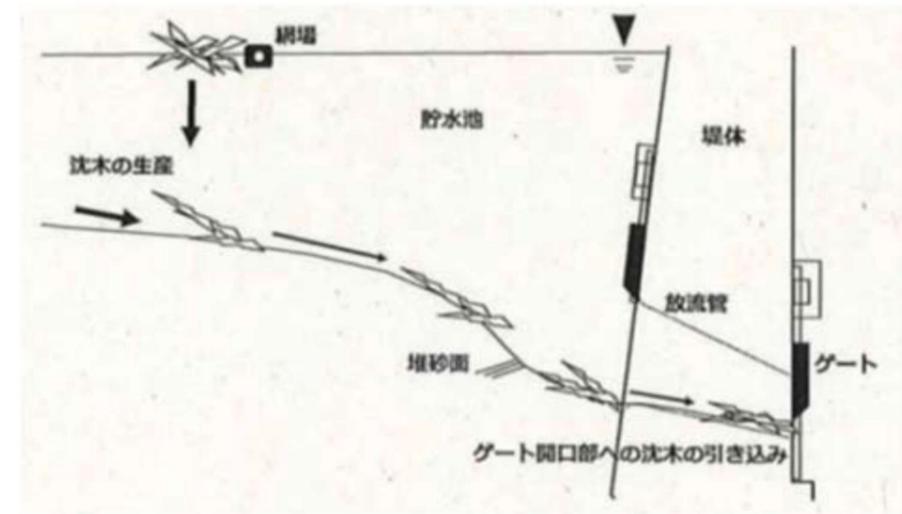


図 19 ゲート周辺部の概略図及び閉塞時のイメージ

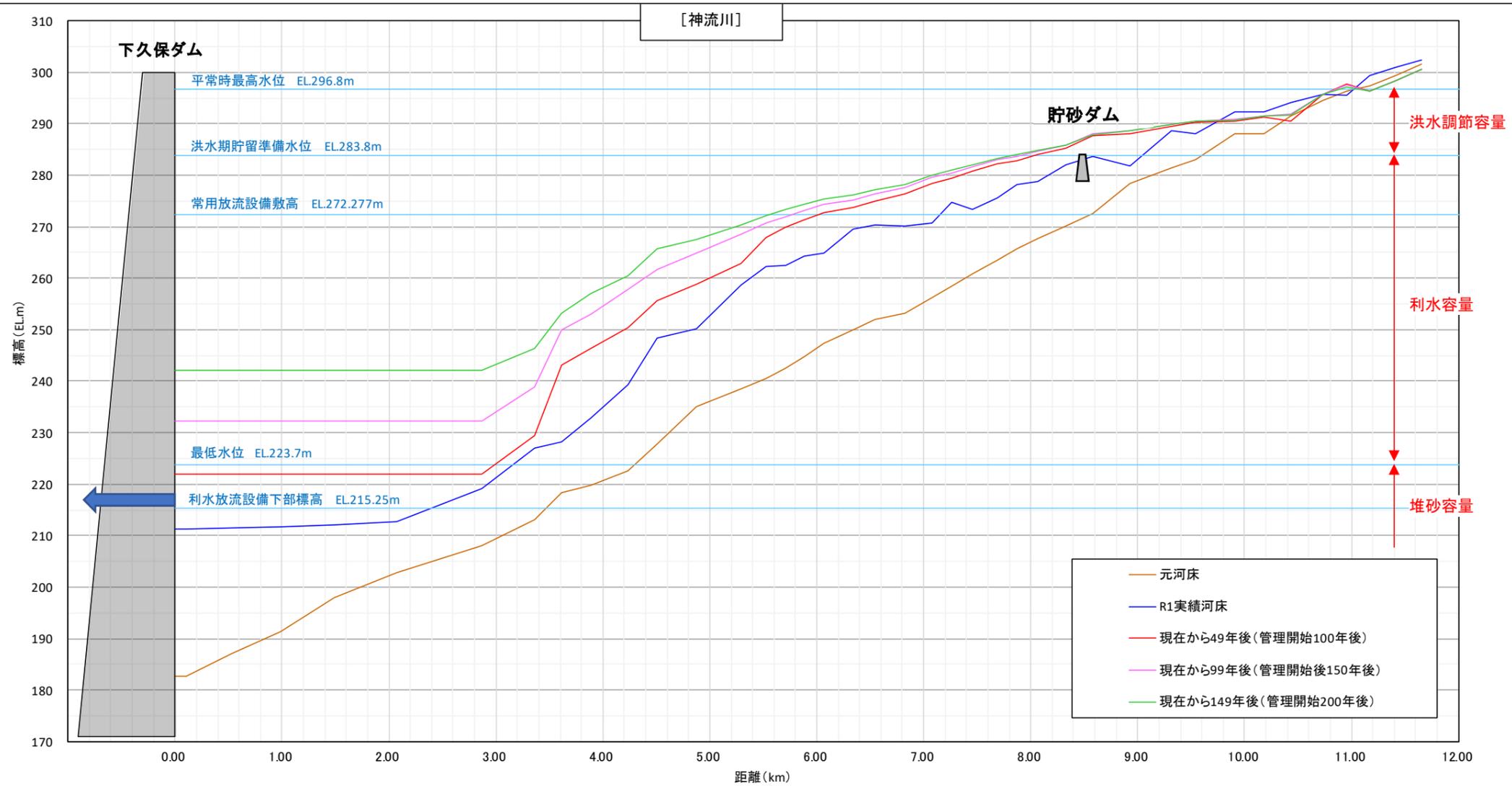


図 20 平成 29 年 裾花ダムにおけるコンジットゲート閉塞状況

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 m³ (堆砂率 200%)、管理開始後 150 年後には 28,770 千 m³ (堆砂率 288%)、管理開始後 200 年後には 37,552 千 m³ (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 m³ 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、期待値では 30cm/年で上昇**するため、現在から 16 年後 (2035 年) 頃に利水放流設備下部標高 EL.215.25m を超過すると予測される。一方で、**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。

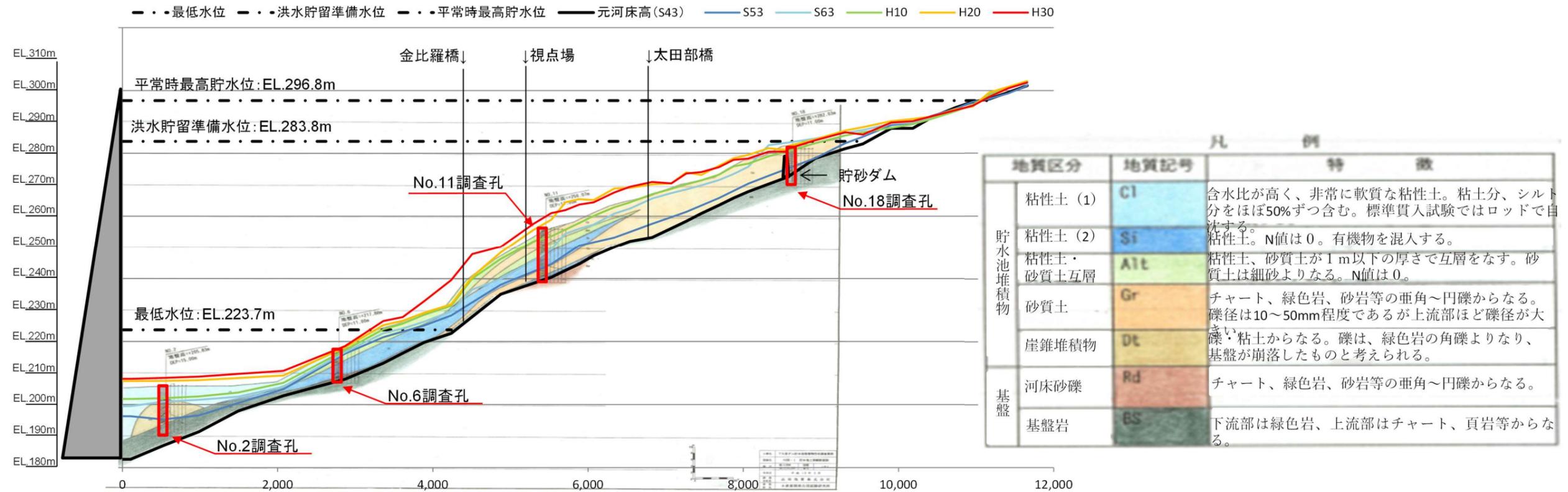
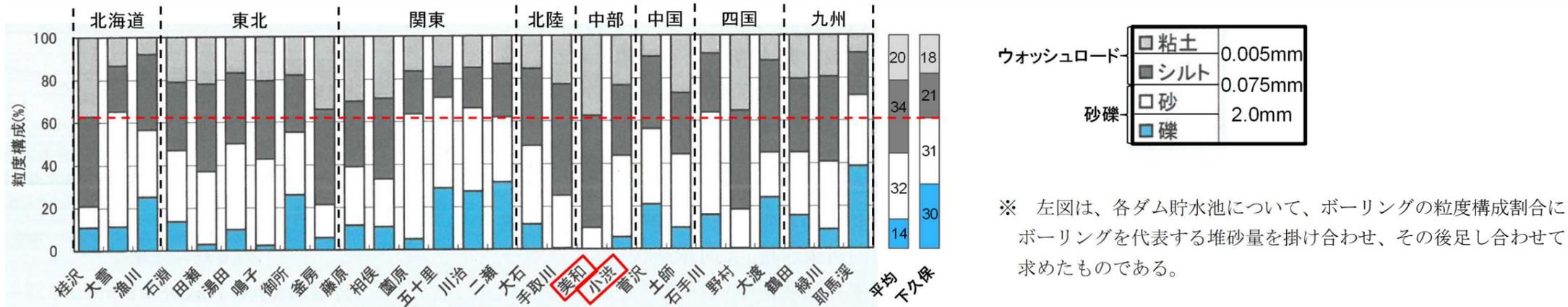


		計画容量	令和元年度 実測堆砂量	現在から49年後 (管理開始100 年後)	現在から99年後 (管理開始150 年後)	現在から149年 後 (管理開始 200年後)
平常時最高水位 EL.296.8m	治水 容量	洪水時最高貯水位 EL. 296. 8m ~ 洪水期貯留準備水位 EL. 283. 8m	35, 000 千m ³	218 千m ³	437 千m ³	504 千m ³
洪水期貯留準備水位 EL.283.8m	利水 容量	洪水期貯留準備水位 EL. 283. 8m ~ 最低水位 EL. 223. 7m	85, 000 千m ³	6, 841 千m ³	10, 742 千m ³	18,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

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**。



※ 縦断面図の縦横比は1：40、縦断面図は横断面図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 m³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。

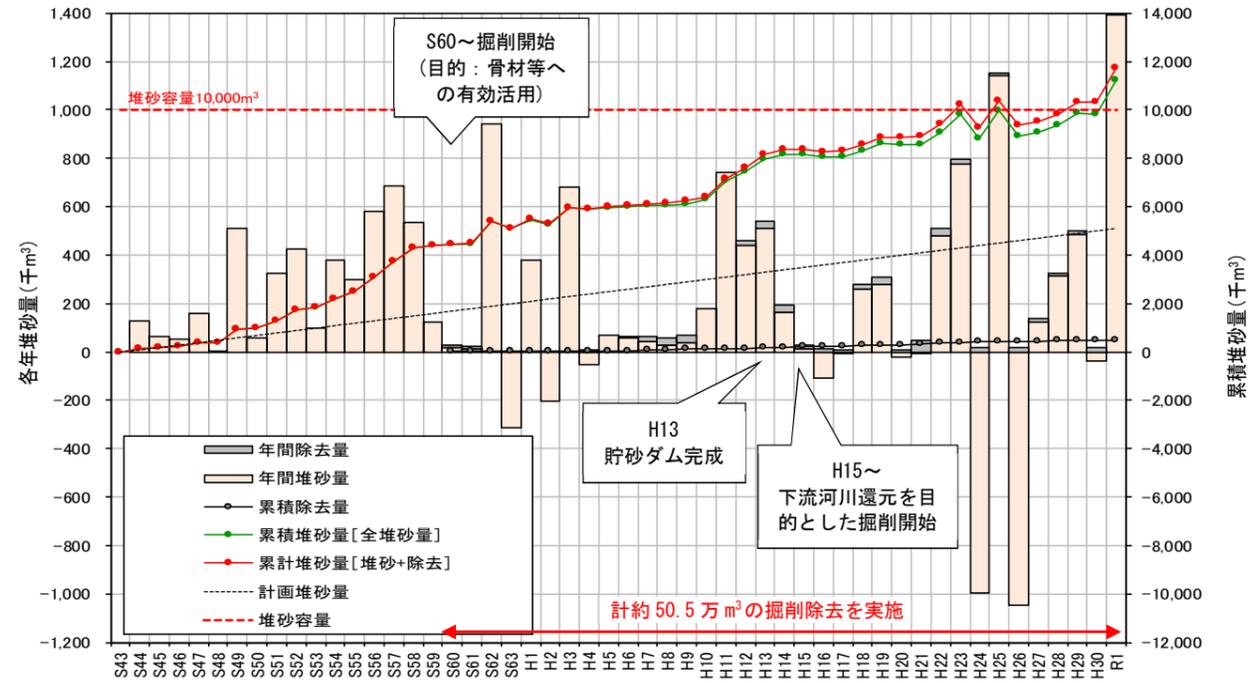


図 27 下久保ダムの堆砂除去経年変化

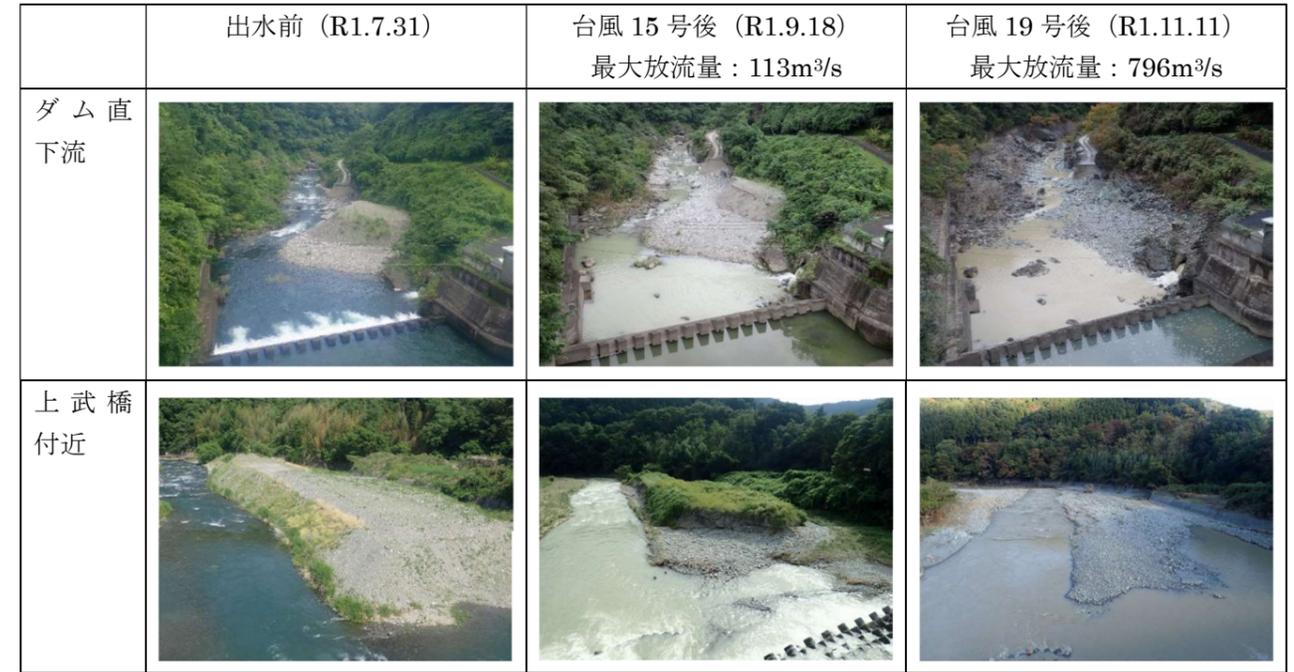


図 29 下流土砂還元土砂の置土及び流下状況

	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 ^{※1}	流下量	置土量 ^{※1}	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 ³) フラッシュ放流(1,600m ³)
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 ³) 台風12号後(1,600m ³)
平成24年度	5,000 (3,100)	4,600	2,900 (23,500)	-	緊急希釈放流(2,600m ³) フラッシュ放流(2,000m ³)
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 ³) フラッシュ放流(1,100m ³)
平成27年度	3,800 (3,100)	3,300	- (12,000)	11,500	前線(1,400m ³) 台風18号後(1,900m ³)
平成28年度	(0)	3,100	3,480 (12,200)	3,280	台風10号・16号後(3,100m ³)
平成29年度	2,700 (0)	2,700	1,000 (12,900)	300	台風21号後(2,700m ³)
平成30年度	3,700 (2,200)	1,500	2,400 ^{※2} (15,300)	-	6~8月の新統的放流・ 前線(1,500m ³)
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 ³) 台風15号[9月](3,000m ³) 台風19号[10月](17,850m ³)
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

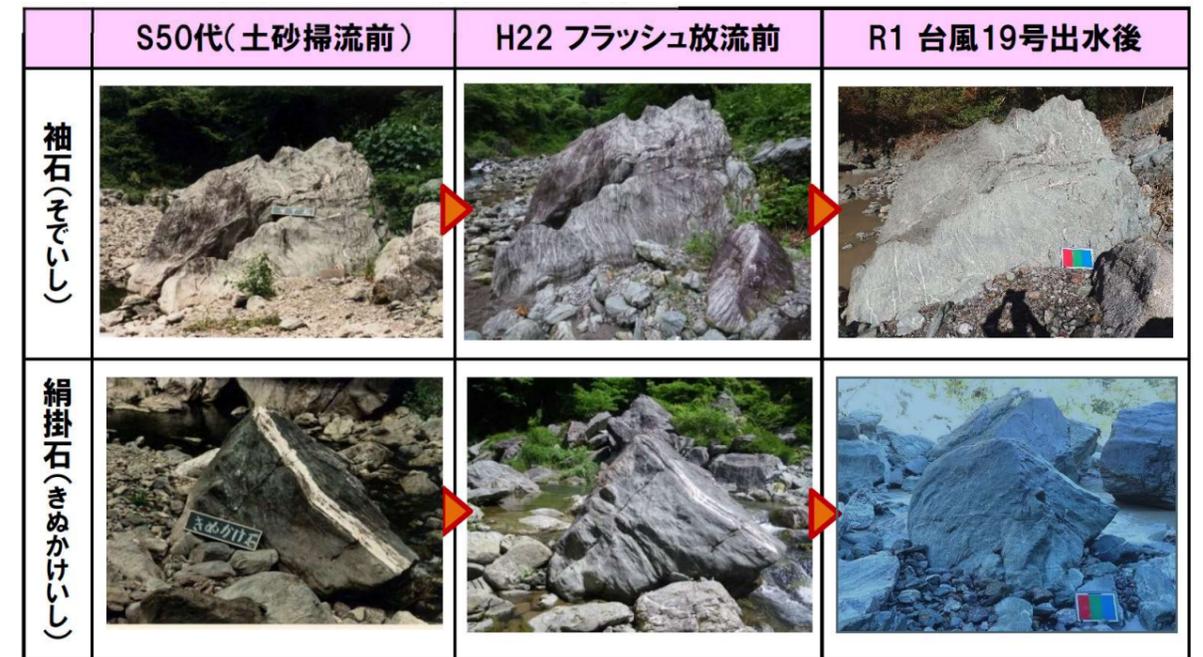


図 30 下流土砂還元によるクレンジング効果

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11.4万m³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、機能回復を図る予定。
- ・ **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。

(1) 工事概要（当初）

工期：R2年2月29日～R3年3月29日

除去量：114,000m³

(2) 施工方法

堆砂除去を行う予定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

予定時期：5月～6月上旬、10月～

施工予定量：11,500m³

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

予定時期：6月中旬～3月

施工予定量：102,500m³

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。



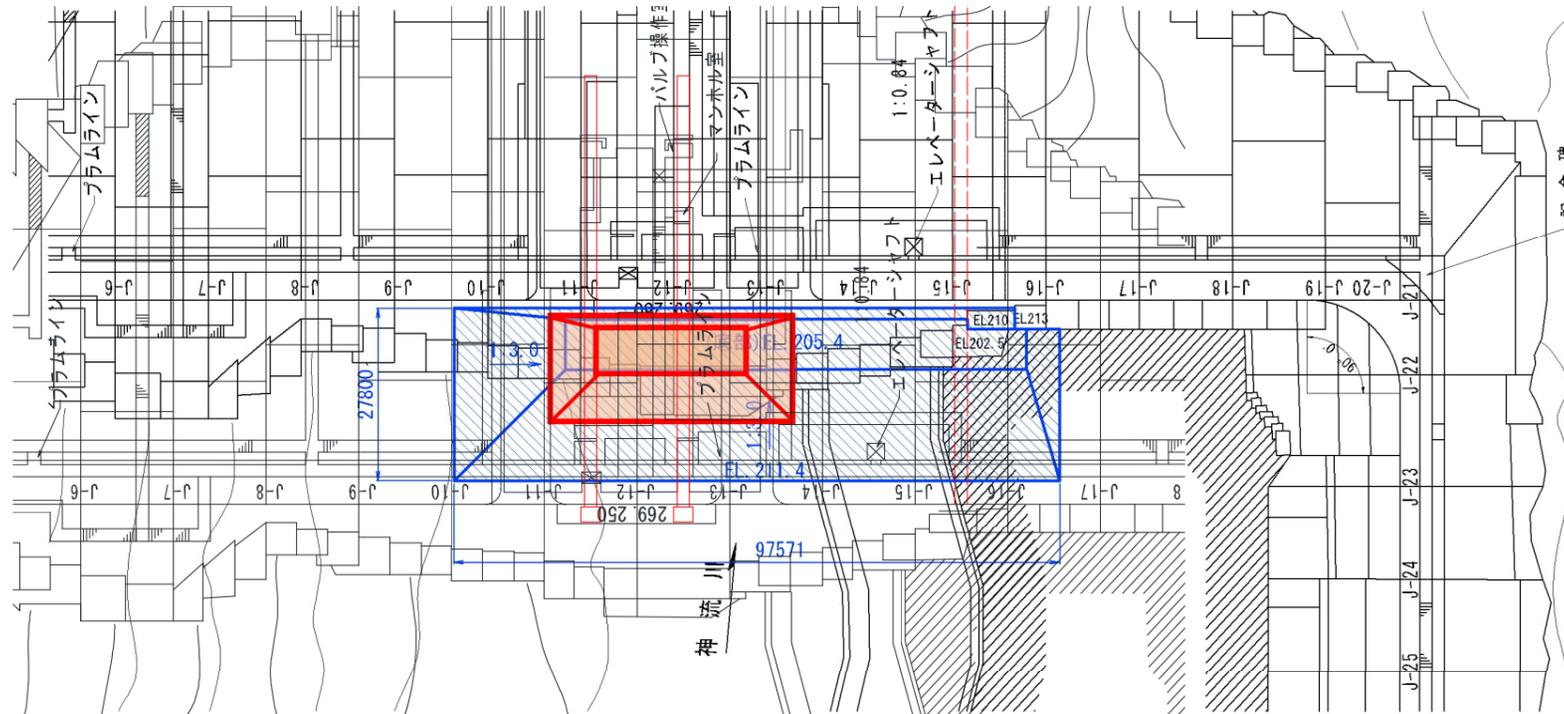
図 31 施工箇所



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。**
- ・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。**
- ・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程度の浚渫を実施し、堆砂標高から取水口までの距離を4m→1.0m。**



主ダム上流面図 S=1:500

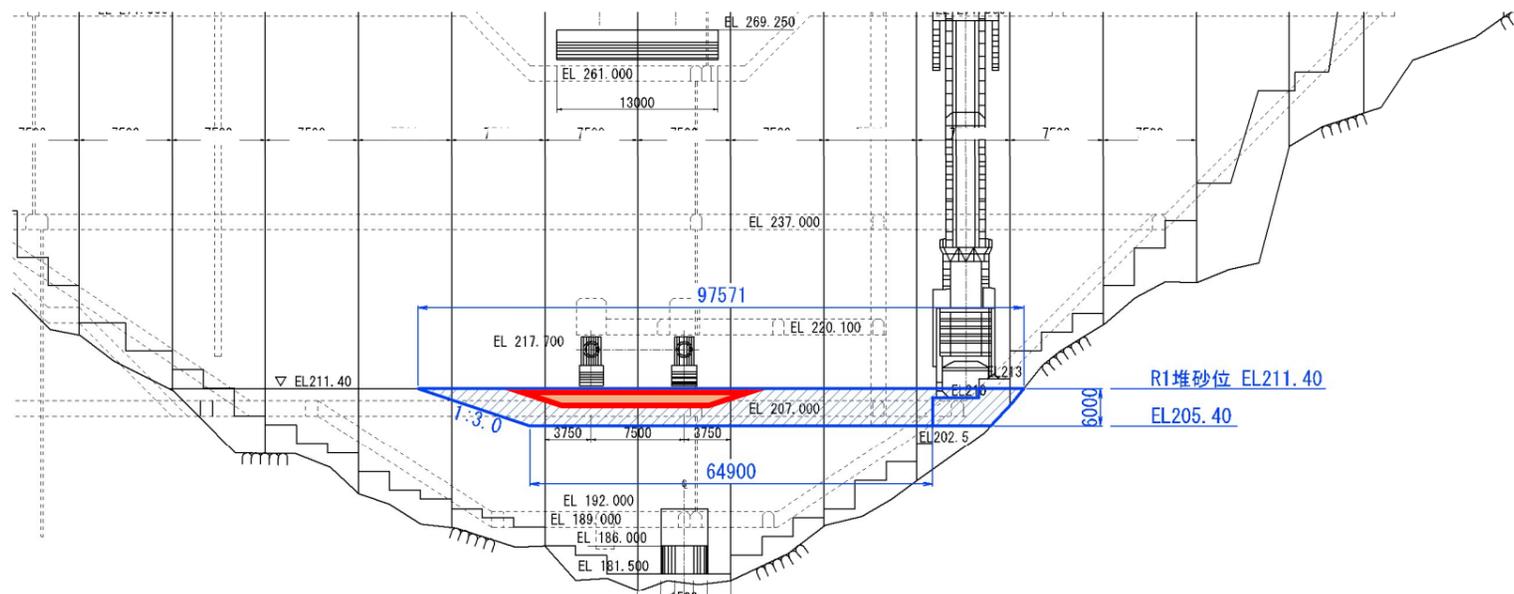
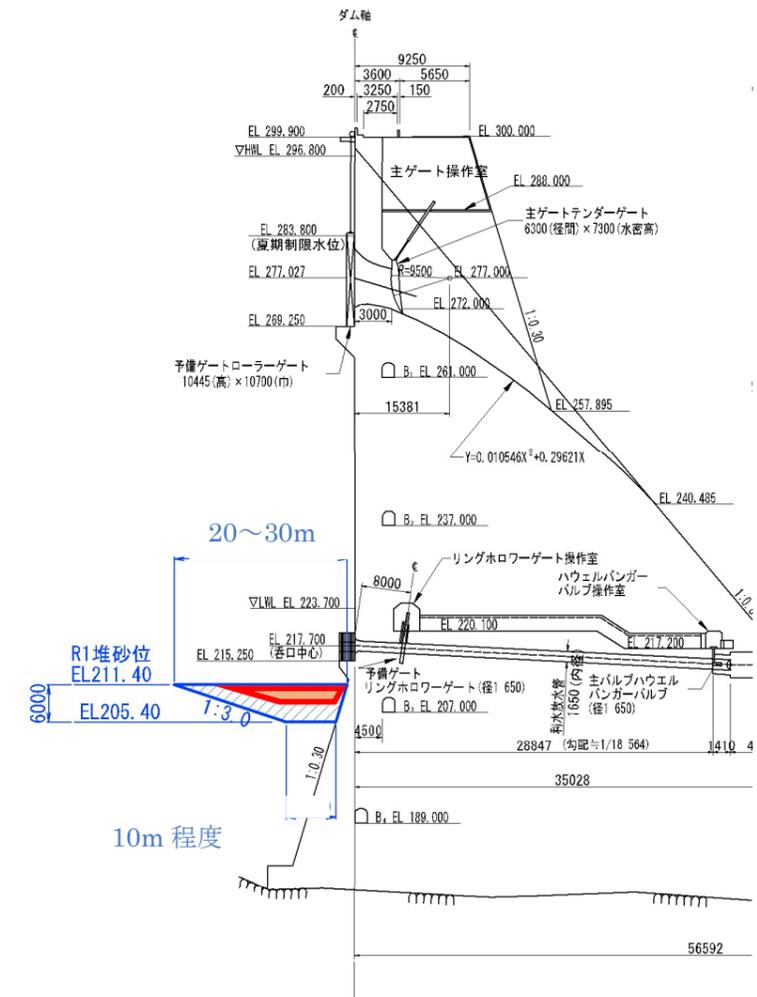
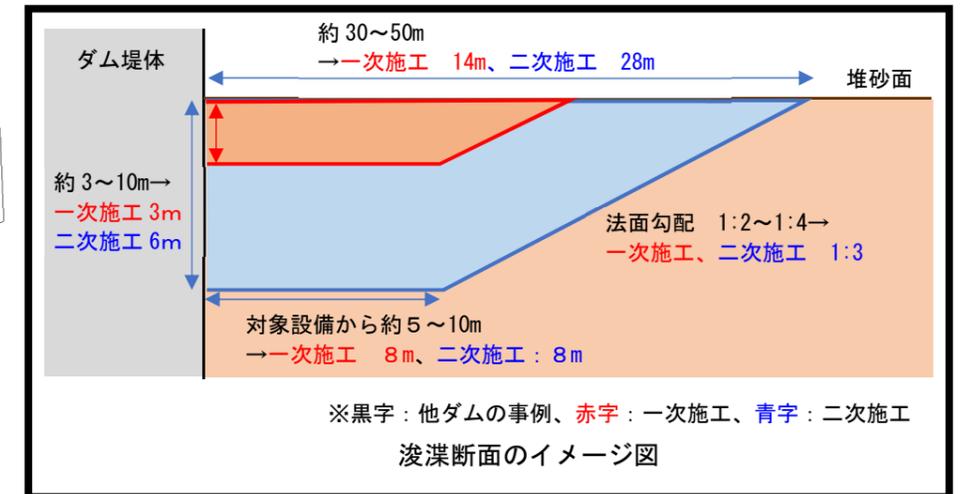


図 33 下久保ダムにおける取水口付近の浚渫形状



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中。
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。

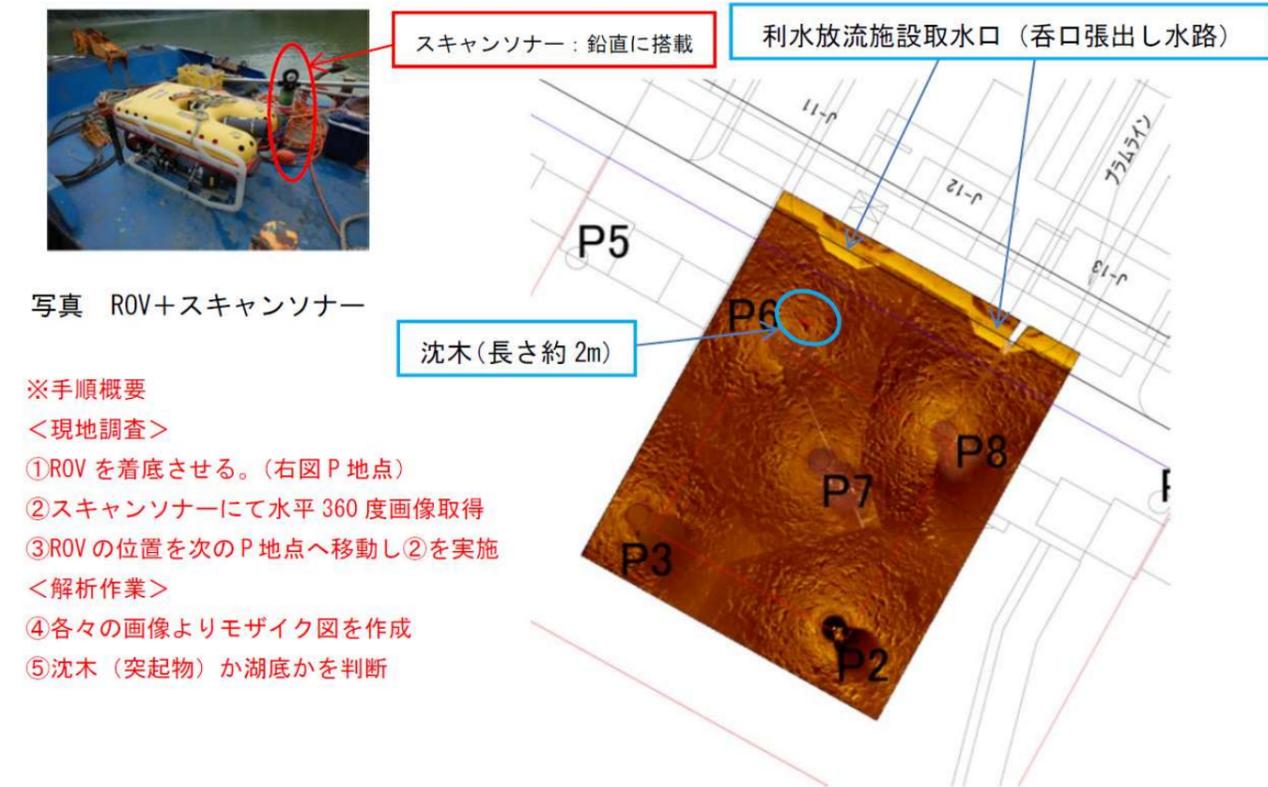


図 34 水中ロボ+スキャンソナーによる沈木調査

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

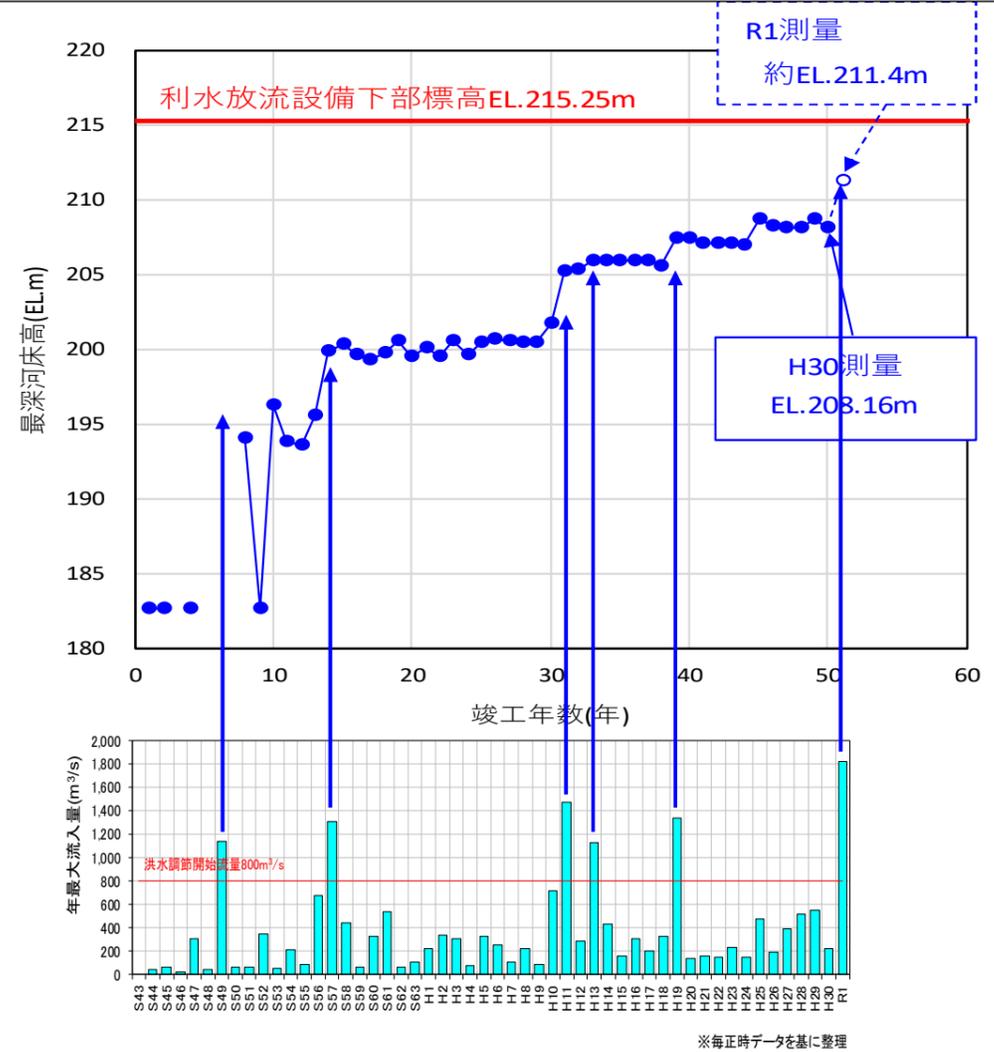
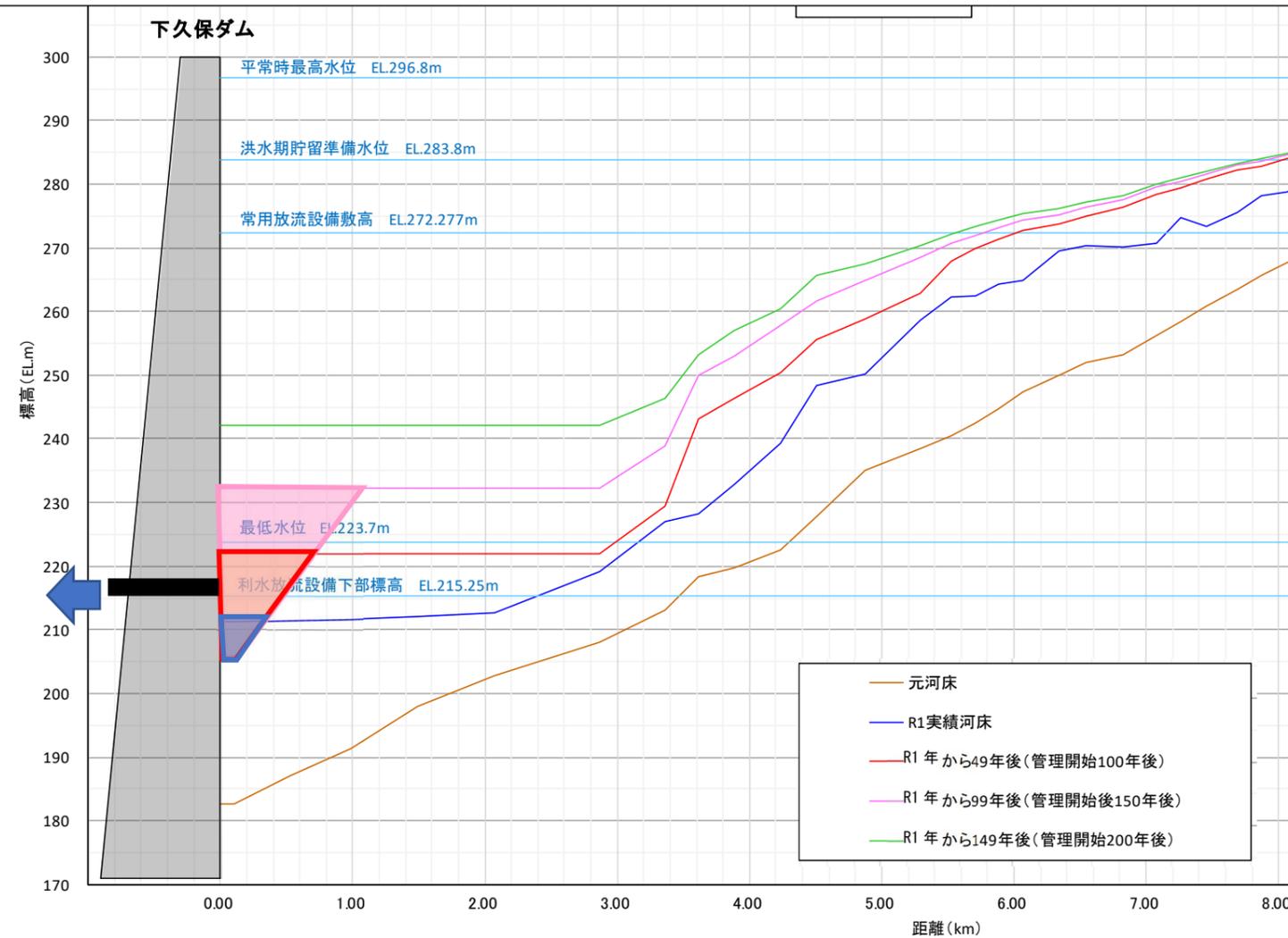
5.1 取水口付近堆砂の予測

・**浚渫による対策を継続した場合、出水により堆砂面が上昇する度に、必要な浚渫量は倍々で増加**するため、施工の度に工事費が増加し、施工期間が長期となり、併せて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51年に6回程度）**。確率統計による整理結果、**0.3m/年（期待値）、1/100確率の出水が発生した場合4m程度上昇**。

③**応急対策**：取水口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。



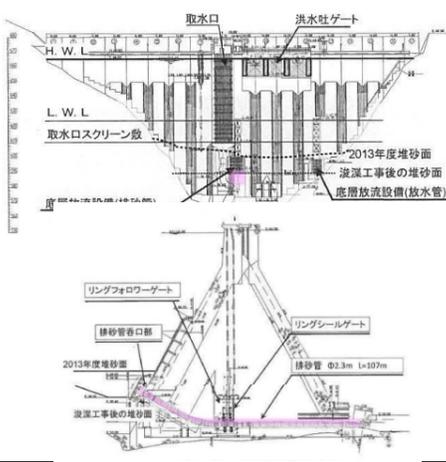
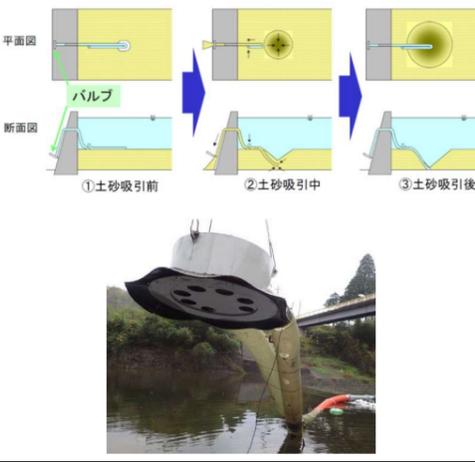
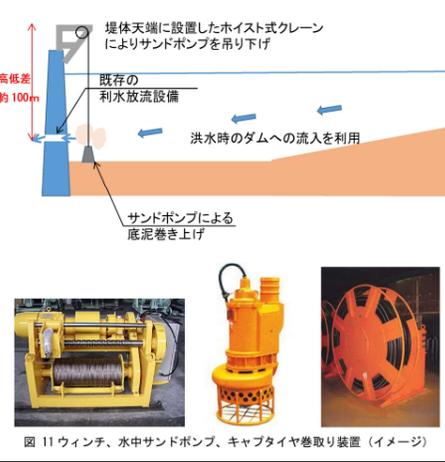
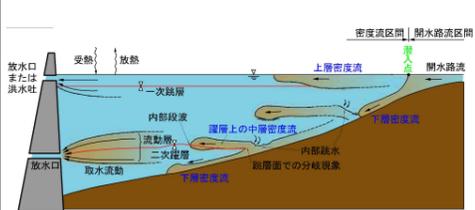
	R2~4年 (初回)	R10年 (2回目)	R18年 (3回目)	R26年 (4回目)	R34年 (5回目)	R42年 (6回目)	R50年 (7回目)
堆砂標高(EL.m)	211	214	217	219	222	224	227
浚渫深さ(m)	[Redacted]						
浚渫量 (m³)	[Redacted]						
概算工事費 (億円)	[Redacted]						
必要工期 (年)	[Redacted]						

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 取水口付近の堆砂除去・抑制対策の検討

- ・取水口付近の堆砂除去・抑制に繋がる対策について、**既往事例や現在研究がなされている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案は無い。**
- ・一方で、初期投資が少額であるサンドポンプなどは、引き続き導入に関する検討を進め、少しでも堆砂除去・抑制に努める。
- 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**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放流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**で抜本的対策とはなり難い。
- ③**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。
- ④**サンドポンプ** : 排出土砂濃度が低いため、**長期間のシルト粘土分の放流が必要**であり、これらによる下流環境への影響から抜本的対策とはなり難い。
- ⑤**密度流排砂** : 既存の表面取水設備と利水放流管 2 門を改造し、52.323m³/s の選択取水設備を設置した場合においても、**ダムから放流する SS 量の増加は 1,300m³/年と効果は限定的**で抜本的対策とはなり難い。

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)	排砂管の設置	吸引工法	サンドポンプ	密度流排砂
概要	貯水池内の堆積土砂を浚渫船により浚渫し、土運搬船等により貯水池外へ排除する。	堤体底部に排砂管を設置し、取水口全面の排砂を促進する。	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堆積土砂を吸引して、ダム下流に放流する。	取水口付近のシルト・粘土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することにより、シルト・粘土分の堆積の抑制。	密度流排砂設備 (選択取水設備) を設置し、出水時に貯水池に流入した高濁度層を放流することで、シルト・粘土分の堆積の抑制。
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	・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。	・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
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 (排砂管、管理設備等付属設備の設置) 小 (排砂ゲート維持管理)	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 (取水設備への改造) 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。	△ ・排砂管の設置は技術的には可能。 ・ 排砂管運用時に、呑口部付近の粘土シルトが崩壊し、呑口部が閉塞することで、放流管内が負圧になり排砂管が破損する恐れがある。	△ ・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	○ ・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は可能。
効果	△ ・ 浚渫回数を重ねる毎に、浚渫量・浚渫費用が倍々で増加 するため数回が限度。	△ ・ 水位低下を伴わない排砂管からの排砂は効果が限定的 ・排砂と下流環境を両立させる効果的な放流方法に関する知見はほとんどない。	△ ・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。	△ ・ 排出土砂濃度が低いため、抜本的対策とする場合、長期間の放流が必要。	△ ・下久保ダムの既往設備 (表面取水設備と利水放流管 2 門) を選択取水設備に改造した場合、現況より 土砂排出量が約 1.3 千 m³/年増加。
評価	応急対策 : ◎、抜本的対策 : △ ・下久保ダムでは、応急対策とはなるものの抜本的対策とはならない。	△ ・下久保ダムの貯水池運用の見直しなどを行わない限り、抜本的対策とはならない。	△ ・実現可能性の面で、早急な対応は困難である。	△ (検討は継続) ・抜本的対策とならないが、初期投資が少であることから導入の可能性の検討は継続。	△ ・下久保ダムにおいては、選択取水設備へ改造したとしても排砂効果が小さい。

5.3 取水設備の改造に関する検討

・ **堤体付近の堆砂が進行しても取水機能を維持出来る対策として、取水設備の改造**を検討。

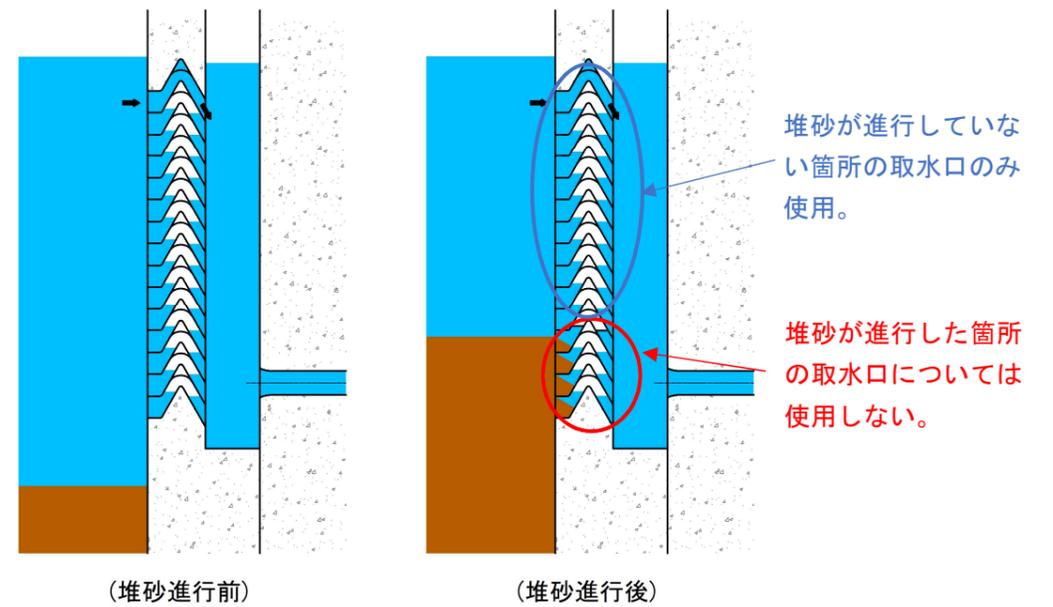
検討方向性 : 堆砂位が、表面取水設備および利水放流設備の呑口標高より高位となっても、少なくとも **下流への利水補給が可能なものへ取水設備を改造**し、堆砂により呑口の内、下位標高部の一部の取水口が閉塞されたとしても、中長期的に取水可能な構造とする。

取水設備の改造 : 取水設備について型式 (**多孔式や連続サイホン式等の選択取水設備**) や配置案について比較検討を行う。

堤体右岸寄りに設置されている表層取水設備を撤去し、選択取水設備を設置する案。
利水放流管へは堤体上流面に導水管を設置し導水する。

堤体左岸寄りに、新たに選択取水設備を設置する案。
取水塔側面から堤体上流面に横引き管を設け、既設利水放流設備へ導水する。

貯水池から下流河川への最短距離として、補助ダム下部にトンネルを設け、放流設備を配置する案。
最低水位まで取水を行えるものとするため、取水設備は独立塔形となる。



連続サイホン式取水設備における堆砂対応

図 36 取水機能を維持する取水設備への改造 (案)

6. 利水容量内堆砂対策に関する検討

6.1 年平均堆砂量の整理

・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 m³/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 m³/年（S44～R1 の内、800m³/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 800m³/s を超えると 500 千 m³ 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。

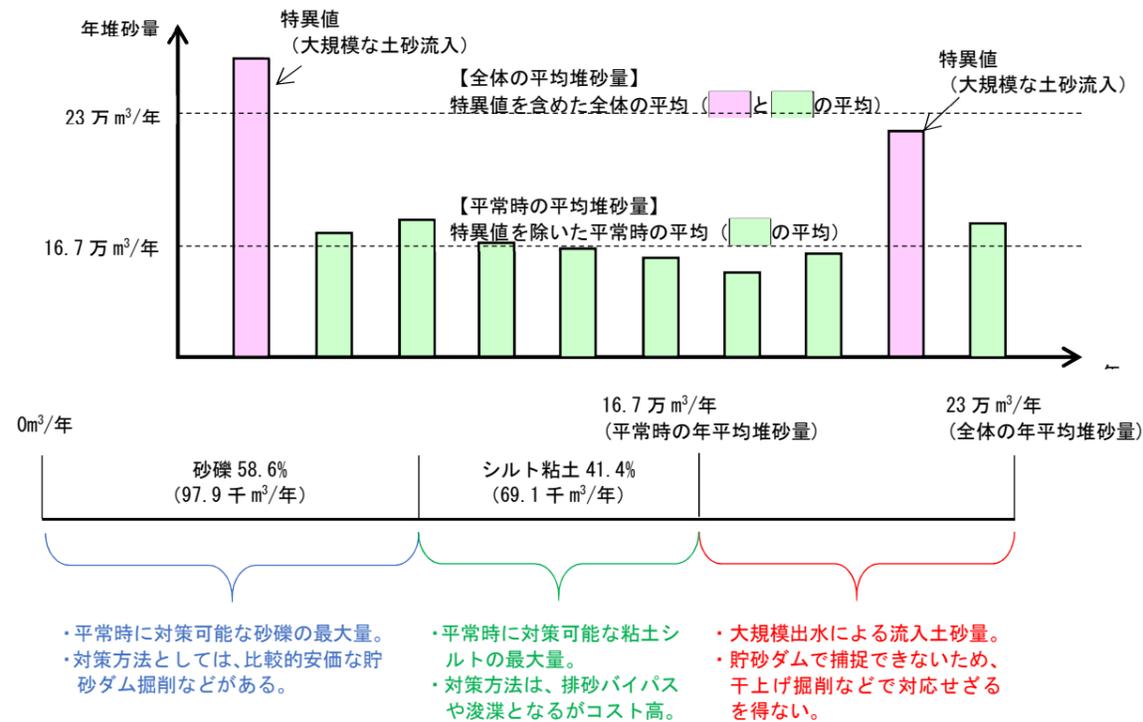


図 37 目標対策量の設定イメージ図

表 8 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%

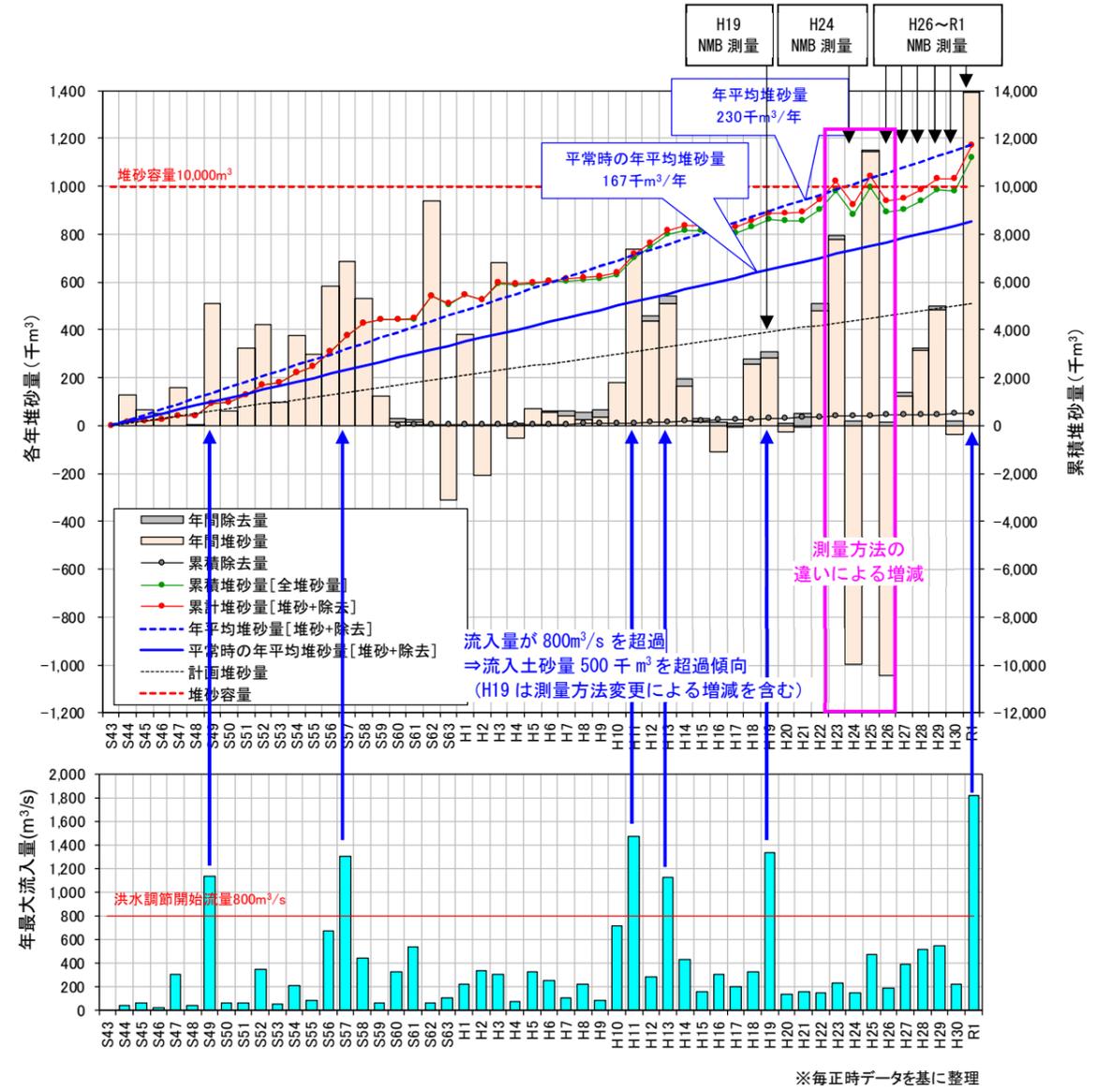


図 38 下久保ダム 実績堆砂量・除去量

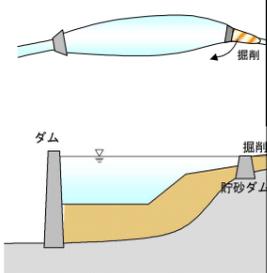
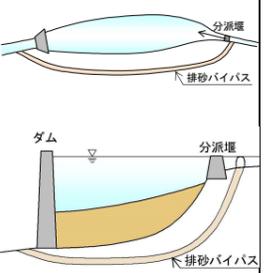
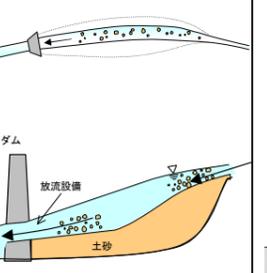
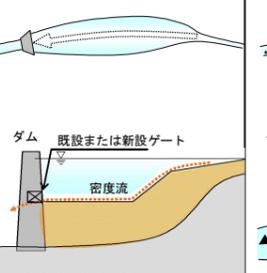
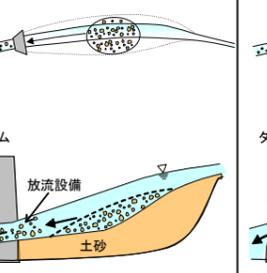
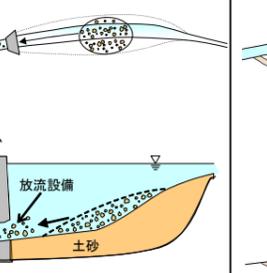
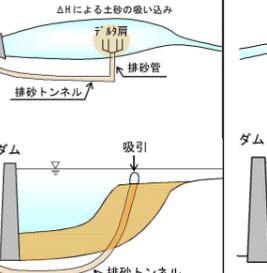
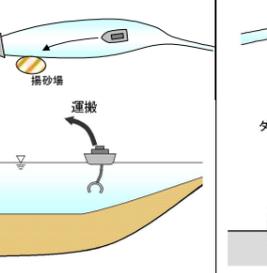
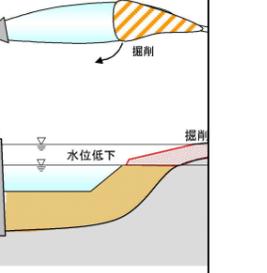
測量方法の違いによる増減

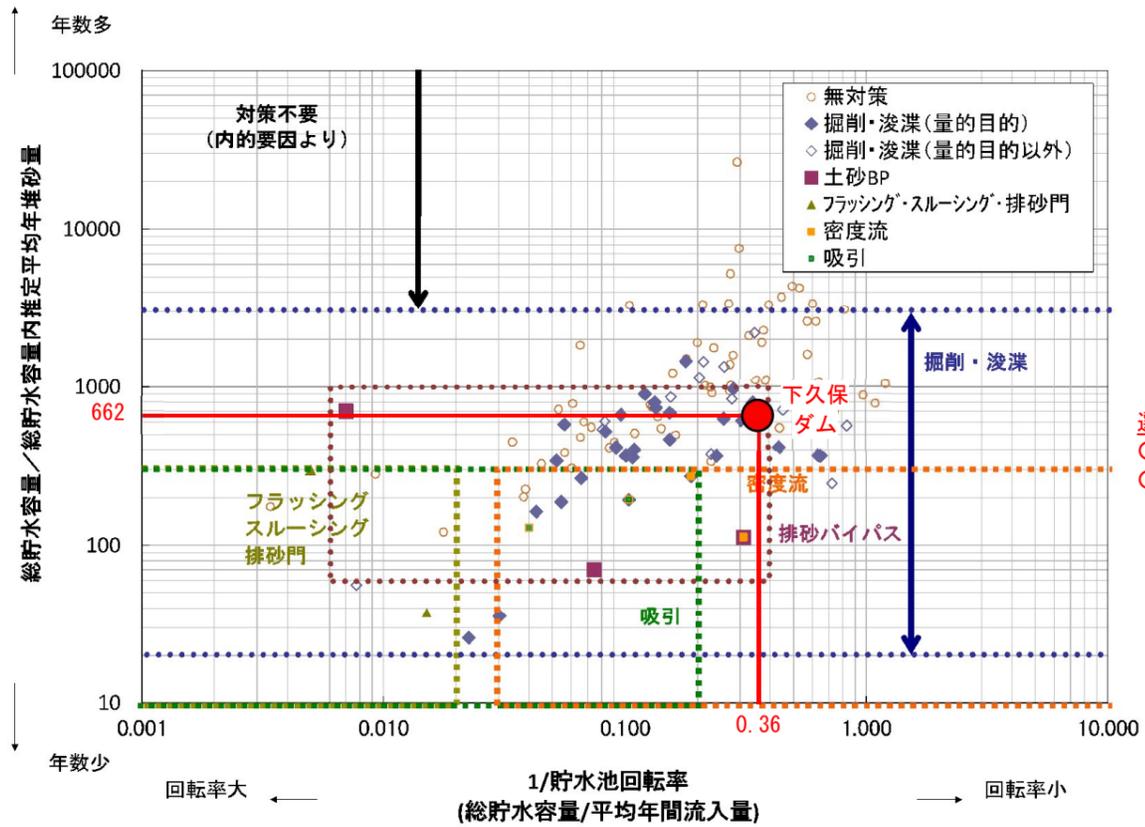
下久保ダムの堆砂量の経年変化には、測量方法の違いなどによる増減が含まれているため、これらは除外し検討。（例：H23～H26年）

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（陸上掘削）」、「浚渫」、「排砂バイパス」、「干上げ掘削」について検討。

表 9 堆砂対策工法一覧

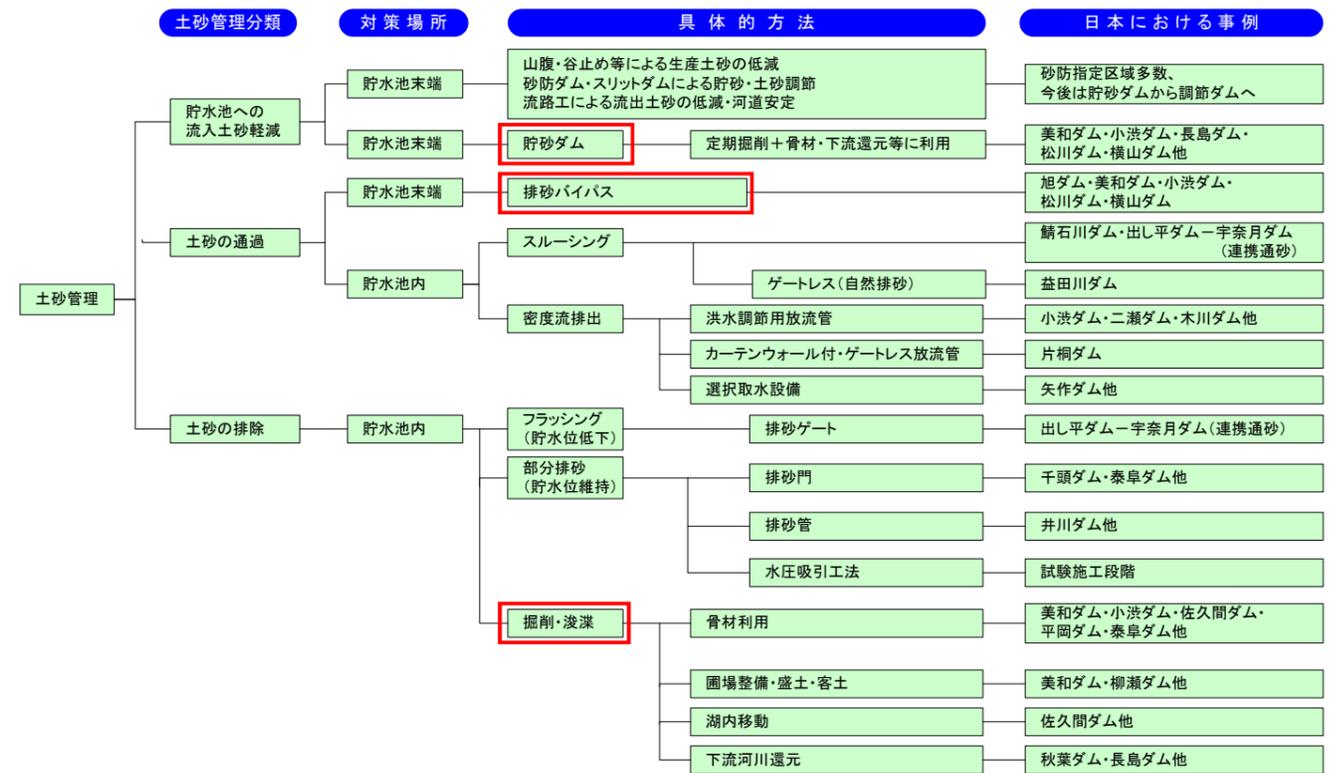
分類	貯水池への流入土砂軽減	土砂の通過				土砂の排除				
堆砂対策	①貯砂ダム(陸上掘削)	②排砂バイパス	③スルーシング	④密度流排出	⑤フラッシング(水位低下)	⑥部分排除(貯水位維持)(排砂管・排砂門)	⑦部分排除(貯水位維持)(水圧吸引工法)	⑧浚渫	⑨干上げ掘削(水位低下)	
概要図										
概要	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池上流部に貯砂ダムを設置することで有効容量内への土砂流入を抑制する。 恒久的活用のためには、貯砂ダム上流に堆積した土砂は掘削除去する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池内の堆積土砂を浚渫し貯水池外へ排除する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	
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しますが排除可能	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	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			
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)	



※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 39 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 40 対策工法一覧 (赤枠：下久保ダムで選定される工法)

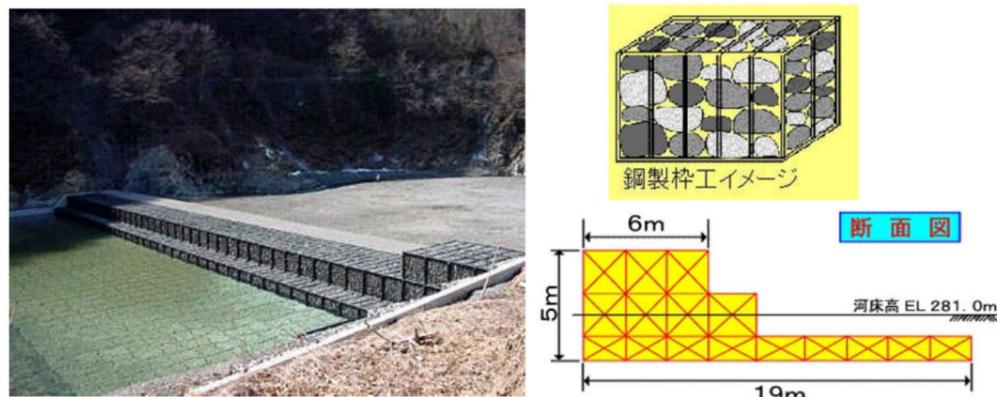
6.2.1 貯砂ダム（陸上掘削）

- ・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、「粘土シルト分」については対象とならない。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、**洪水期にしか施工出来ない**。
- ・既設貯砂ダム（H13年度施工）の貯砂量は約33千m³。**既設貯砂ダムを強化し**、平常時堆砂量の砂礫分97.9千m³について可能な限り貯砂ダム掘削するのが経済性に優れる。

表 10 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	33 千 m ³
施設概要 (貯砂ダムの嵩上げ)	ダム高	
	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。(7.2 参照)	

既設貯砂ダム



世界測地系 (JGD2011) : 9系
 単位 : (m)
 標高基準面 : 下久保ダム基準

図 41 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、コストがかかるため現実的では無い。
- ・**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 11 浚渫概要

項目	内容
施設概要	・グラブ浚渫、土運搬船などにより浚渫。 ・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。浚渫土は土運搬船により運搬。	バックホウを台船に乗せ浚渫。浚渫土は土運搬船により運搬。
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。

世界測地系 (JGD2011) : 9系
単位 : (m)
標高基準面 : 下久保ダム基準

図 42 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）

表 13 排砂バイパス概要

排砂バイパスルート図

項目	内容
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・取水口付近の粘土シルト分の堆積も抑制できる。
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル延長が長い初期投資費が大きい。 ・下流河川環境に関するモニタリングが必要となる。 ・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。
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

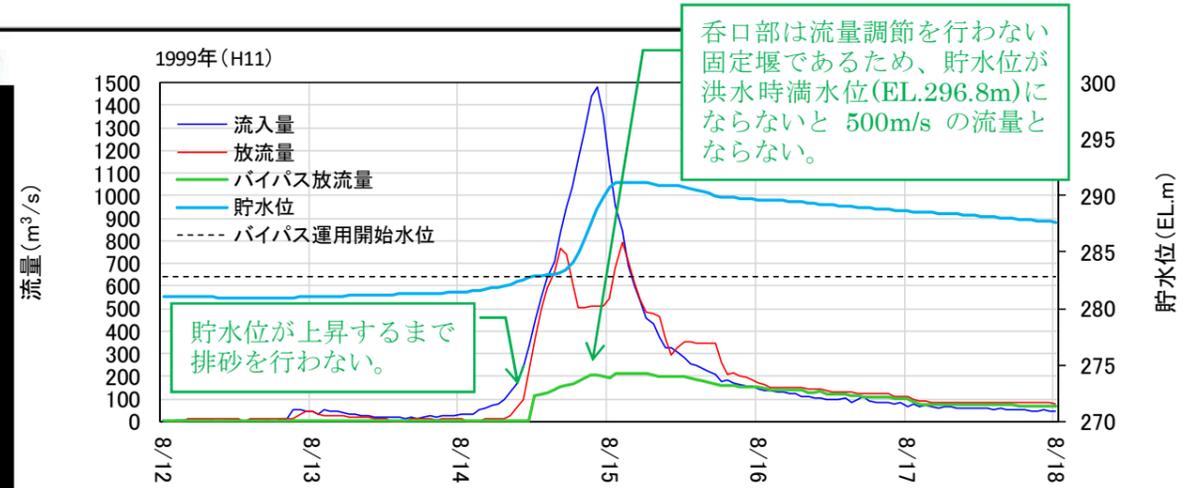


図 43 平成 11 年 8 月洪水におけるバイパス運用状況

※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 500m³/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 44 排砂バイパスのイメージ

6.2.4 干上げ掘削（陸上掘削）

- ・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。）。

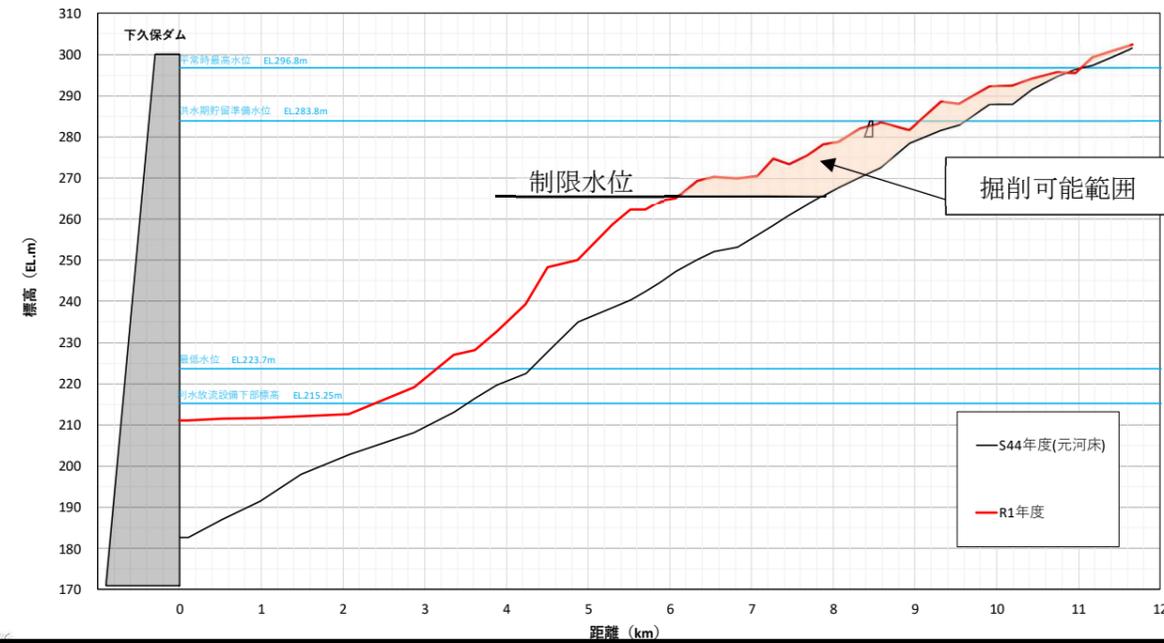


表 14 干上げ掘削の概要

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 45 干上げ掘削のイメージ

6.3 下久保ダムの貯水池全体における堆砂対策の方向性

・年平均堆砂量 230 千 m³/年（内、平常時の平均堆砂量 167 千 m³/年）に対する**堆砂対策の組合せの検討**を行う。

組合せの基本方針：「貯砂ダム掘削」・「排砂バイパス」の組合せによる除去土量を算出し、年平均堆砂量 230 千 m³/年に満たない分は、「浚渫」・「干上げ掘削」で対応。

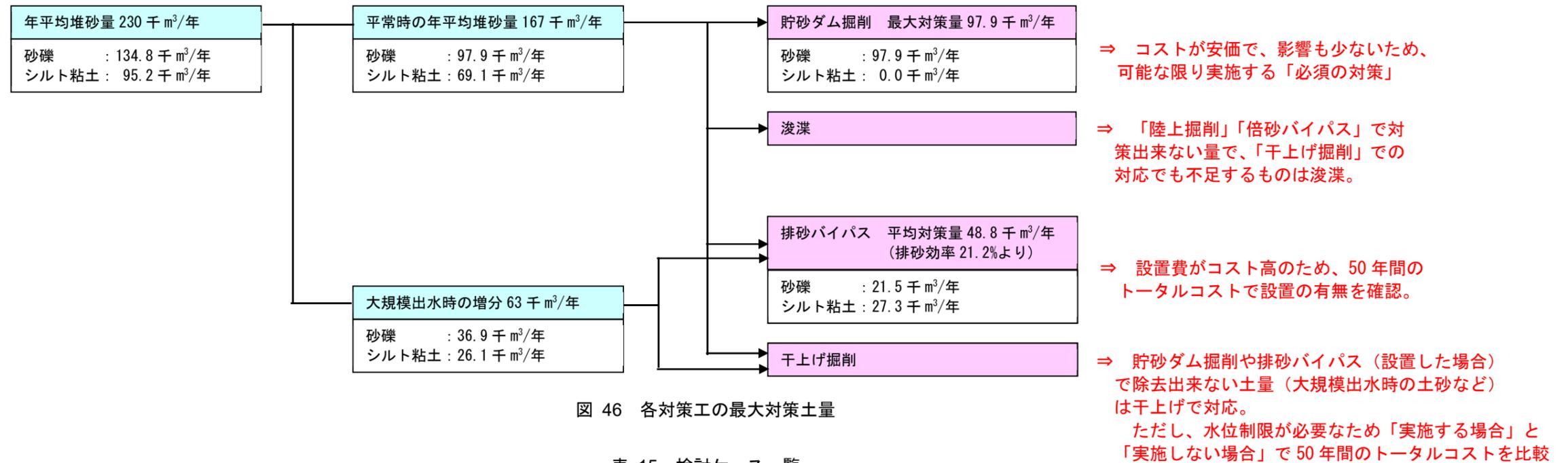


表 15 検討ケース一覧

ケース	貯水池を運用しながらの対策			干上げ掘削（陸上掘削）	土砂運搬方法	備考
	貯砂ダム（陸上掘削） （最大 97.9 千 m ³ /年）	浚渫	排砂バイパス （平均 48.8 千 m ³ /年）			
1	○ (97.9 千 m ³ /年)				ダンプトラック	・貯砂ダムで陸上掘削を可能な限り実施。 ・最大除去量が 97.9 千 m ³ で、年平均堆砂量 230 千 m ³ 未満のため 検討しない 。
2	○ (97.9 千 m ³ /年)	○ (132.1 千 m ³ /年)			ダンプトラック	・貯砂ダムで陸上掘削を可能な限り実施し、不足分は全て浚渫により除去。
3	○ (97.9 千 m ³ /年)		○ (48.8 千 m ³ /年)		ダンプトラック	・貯砂ダム掘削及び排砂バイパスでの排砂を実施。 ・最大除去量が 146.7 千 m ³ で、年平均堆砂量 230 千 m ³ 未満のため 検討しない 。
4	○ (97.9 千 m ³ /年)	○ (83.3 千 m ³ /年)	○ (48.8 千 m ³ /年)		ダンプトラック	・貯砂ダム掘削及び排砂バイパスでの排砂を実施し、不足分は全て浚渫により除去。
5	○ (97.9 千 m ³ /年)			○ (132.1 千 m ³ /年)	ダンプトラック	・貯砂ダムで陸上掘削を可能な限り実施し、不足分は全て干上げ掘削により除去。
6	○ (97.9 千 m ³ /年)	○ (他の対策の不足分)		○ (132.1 千 m ³ /年の内数)	ダンプトラック	・貯砂ダムで陸上掘削を可能な限り実施し、不足分は干上げ掘削により除去するが、それでも除去出来ない土砂は浚渫により除去。
7	○ (97.9 千 m ³ /年)		○ (48.8 千 m ³ /年)	○ (83.3 千 m ³ /年)	ダンプトラック	・貯砂ダム掘削及び排砂バイパスでの排砂を実施し、不足分は全て干上げ掘削により除去。
8	○ (97.9 千 m ³ /年)	○ (他の対策の不足分)	○ (48.8 千 m ³ /年)	○ (83.3 千 m ³ /年の内数)	ダンプトラック	・貯砂ダム掘削及び排砂バイパスでの排砂を実施し、不足分は干上げ掘削により除去するが、それでも除去出来ない土砂は浚渫により除去。

※○：対策を実施する項目 ()：想定される年間の平均除去土量。

表 16 堆砂対策の組み合わせ検討 (イメージ)

ケース	対策メニュー	対策土量	総堆砂量の推移	概算工事費 (今後 50年間)
6	<ul style="list-style-type: none"> × 陸上掘削 (既設貯砂ダム) ○ 陸上掘削 (既設貯砂ダム嵩上げ) × 浚渫 × 排砂バイパス ○ 干上げ ○ 運搬: ダンプトラック 	<p>常時満水位 EL. 296.8m 制限水位 EL. 283.8m</p> <p>貯砂ダム (嵩上げ)</p> <p>年平均堆砂量 230 千 m³/年 砂礫: 134.8 千 m³ シルト粘土: 95.2 千 m³</p> <p>年堆砂量 (対策後) 132.1 千 m³/年 砂礫: 36.9 千 m³ シルト粘土: 95.2 千 m³</p> <p>貯砂ダム (陸上掘削) 97.9 千 m³/年 砂礫: 97.9 千 m³ シルト粘土: 0 千 m³</p> <p>●●年に1度の間隔で干上げを実施</p> <p>ダンプトラック運搬 97.9 千 m³/年</p>	<p>堆砂量 (千m³)</p> <p>堆砂容量</p> <p>干上げ1回目 (R10年度と仮定)</p> <p>干上げ実施間隔●●年</p> <p>100</p> <p>⇒シルト分が貯水池内に堆積し続けるため、管理開始 100 年目以降、堆砂率が 100%を超える。</p>	●億円
8	<ul style="list-style-type: none"> × 陸上掘削 (既設貯砂ダム) ○ 陸上掘削 (既設貯砂ダム嵩上げ) × 浚渫 ○ 排砂バイパス ○ 干上げ ○ 運搬: ダンプトラック 	<p>常時満水位 EL. 296.8m 制限水位 EL. 283.8m</p> <p>貯砂ダム (嵩上げ)</p> <p>年平均堆砂量 230 千 m³/年 砂礫: 134.8 千 m³ シルト粘土: 95.2 千 m³</p> <p>年堆砂量 (対策後) 78.5 千 m³/年 砂礫: 16.7 千 m³ シルト粘土: 61.8 千 m³</p> <p>貯砂ダム (陸上掘削) 97.9 千 m³/年 砂礫: 97.9 千 m³ シルト粘土: 0 千 m³</p> <p>●●年に1度の間隔で干上げを実施</p> <p>ダンプトラック運搬 97.9 千 m³/年</p> <p>排砂バイパス 48.8 千 m³/年 砂礫: 21.5 千 m³ シルト粘土: 27.3 千 m³</p>	<p>堆砂量 (千m³)</p> <p>堆砂容量</p> <p>干上げ1回目 (R10年度と仮定)</p> <p>干上げ実施間隔●●年</p> <p>120</p> <p>⇒シルト分が貯水池内に堆積し続けるため、管理開始 120 年目以降、堆砂率が 100%を超える。</p>	▲億円

【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. 対策実施に関する影響軽減、コスト縮減、新たな取組

7.1 水位制限の設定によるコスト縮減

7.2 堆砂土の有効活用によるコスト縮減

・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。搬出先としては、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 m³ 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 19 必要な受入地の容量

項目	堆砂量 (千 m ³)	備考
① 管理開始 100 年目の堆砂量 (予測)	19,987	
② 堆砂容量	10,000	
③ 必要な受入地容量	9,987	=①-②

表 20 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 21 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 ³)	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 ³ 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。 ⇒ 河川管理者と調整しながら検討
合計	506		

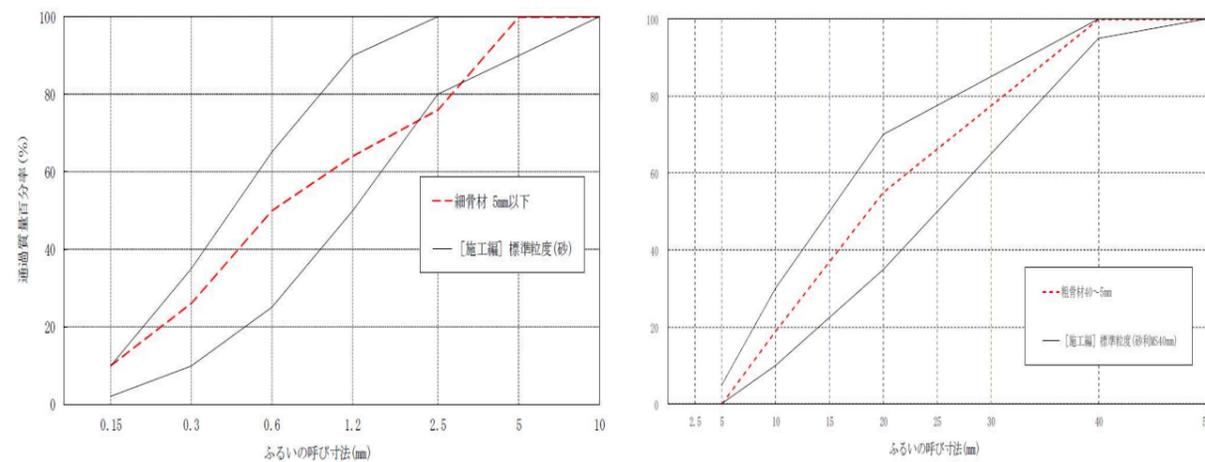


図 49 下久保ダム堆砂の細骨材（上）及び粗骨材（下）としてのふるい分け試験結果

7.3 新たな取組

・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。

③下流土砂還元材への混合

(1) 下流土砂還元のイメージ

粘土シルト分を混合した土砂を下流土砂還元材に利用することについて検討する。なお、置土に際しては以下のイメージで行うことで、通常時の濁水発生を抑制する。

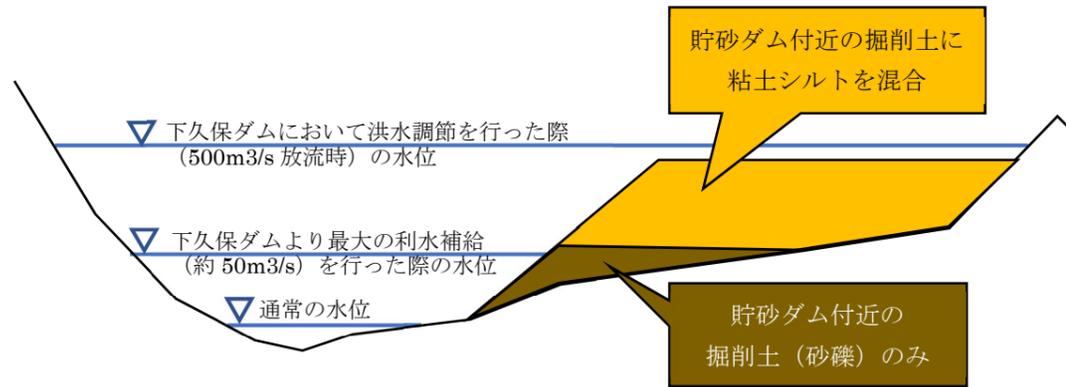


図 50 下流河川還元のイメージ

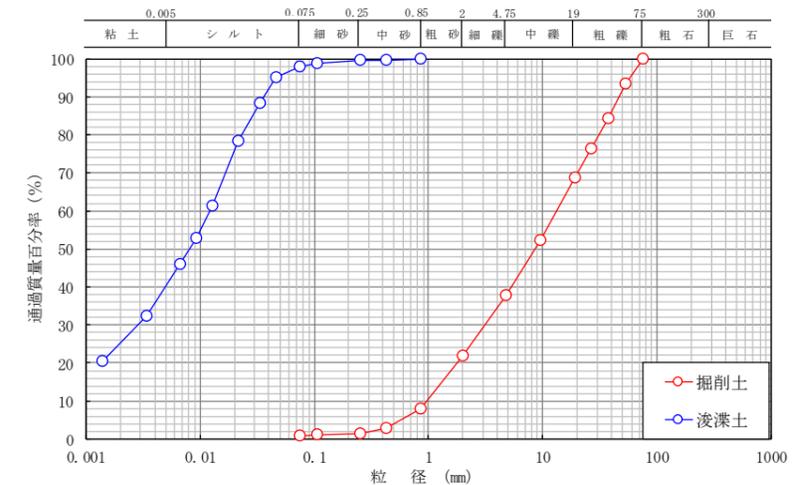
1 回目	2 回目
フロー値 150.7mm	フロー値 137mm
含水比 w=108.2%	含水比 w=105.0%

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 51 テーブルフロー試験

(2) 堆砂土砂の性状

ダム堤体付近に堆積している土砂を浚渫した「浚渫土」と、貯砂ダム付近に堆積している土砂を掘削した「掘削土」の性状を以下に示す。今後は、「掘削土」と「浚渫土」を現地においてブレンドし、コーン試験などを行い、下流土砂還元材として適切なブレンド比率を検討。



	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 ² (平均 26) 「泥土」に該当	qc=3743~4823 kN/m ² (平均 4194) 「第 1 種建設発生土」に該当

	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 52 堆砂土砂の粒度分布とコーン指数

④取水設備周辺堆砂の湖内投下

- ・取水設備周辺の除去工事概要：取水設備周辺の堆砂（粘土シルト分）を浚渫により1,300m³除去。除去した粘土シルトは400m程度上流の貯水池内に投下。（処分費軽減のため）
- ・モニタリング調査：「浚渫箇所」及び「投下箇所」はマルチレーザ測量などにより経年変化を確認。

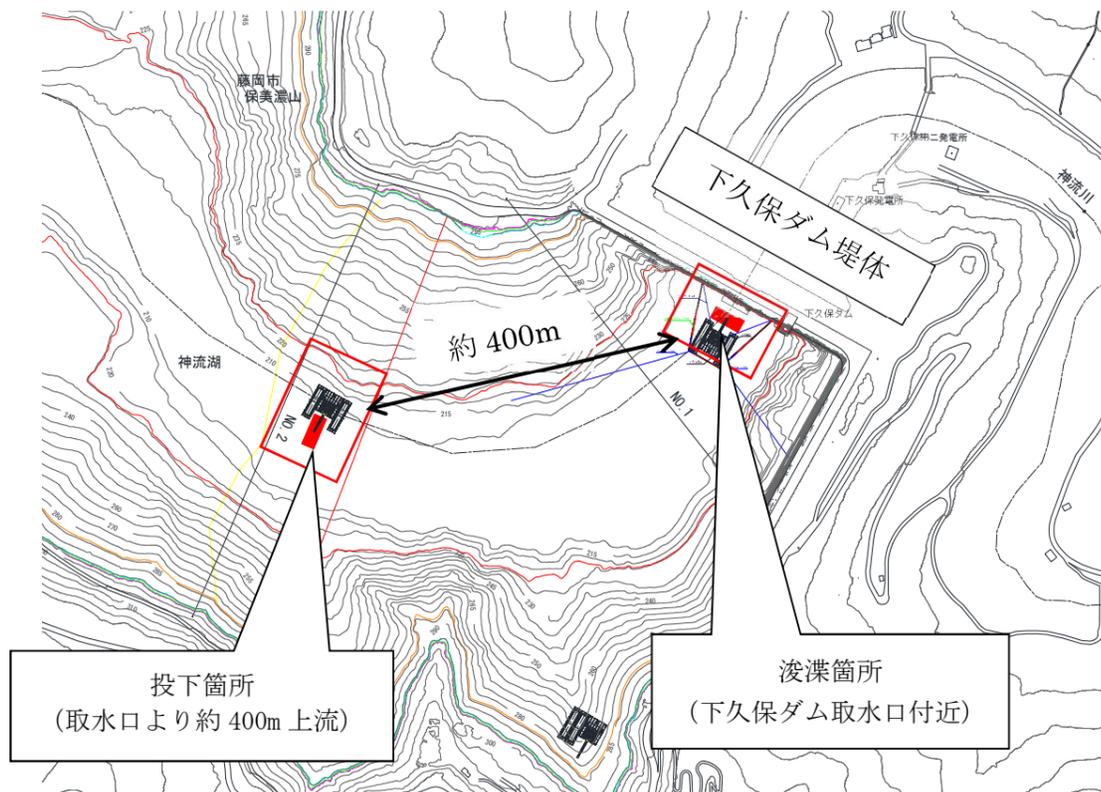


投下状況（取水口より約400m上



投下状況（1.6m³クラムシェル

投下箇所（取水口より約400m上流）

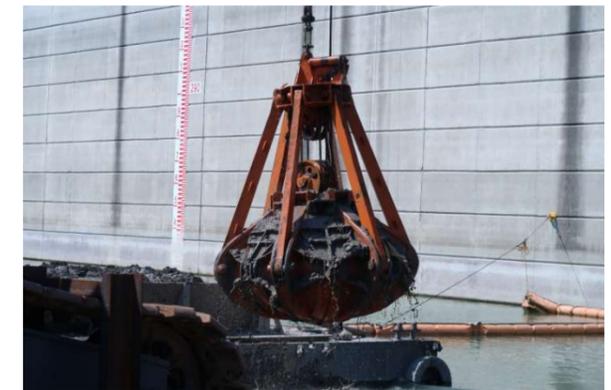


工事後のマルチレーザ測量結果

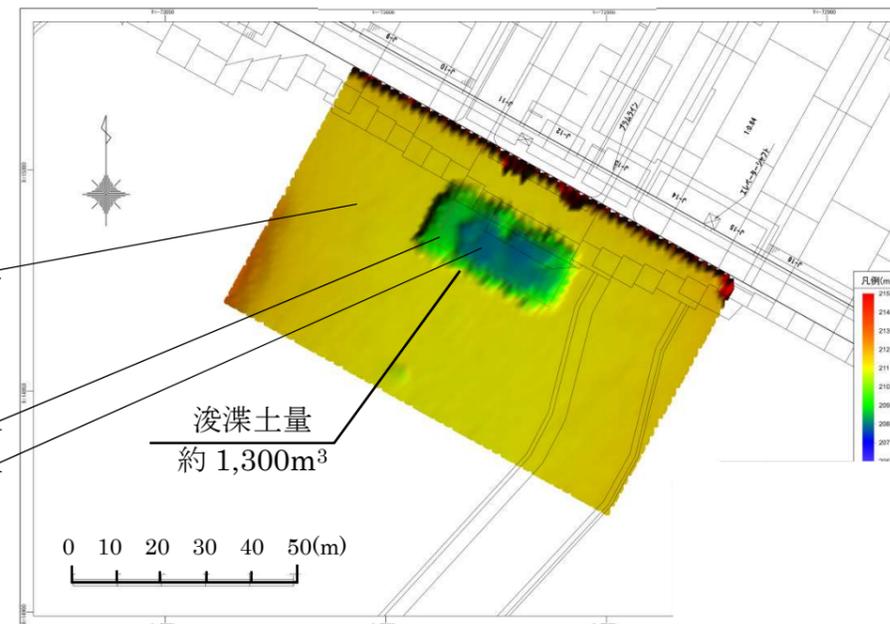
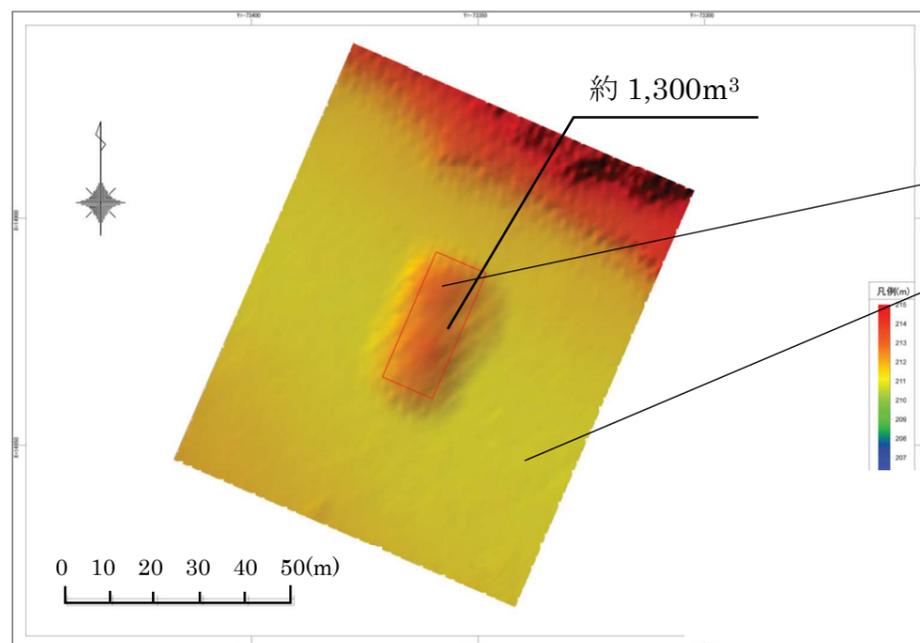
→浚渫数量 1,300m³



浚渫状況（取水口付近）



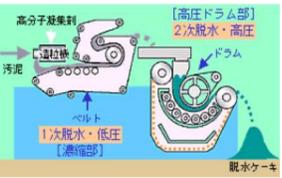
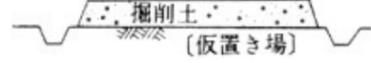
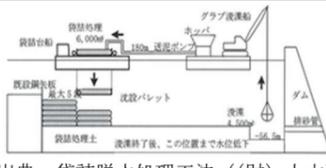
浚渫状況（2.0m³オレンジバケット）



【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。

表 22 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	施工方法・概要図等	処分費と 処分量目 安	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	・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。 置土した際の濁りへの影響を考慮する必要 がある。		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	・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、 植生への影響を考慮する必要 がある。強度発現に時間を要し、長期強度の管理が難しい		処分費： 中～高 処分量：中	△
	非セメント系 改質材	石灰系固化材	・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。 ・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。			
		セルロース繊維 (セルドロン)	・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。 ・ 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。養生期間が不要。			
		PS 灰系改質剤(ワトル、マッドクリーン)	・PS 灰に特殊薬剤を混合して水和処理した製品。 ・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、 数日の養生期間でヘドロが土に変わる 。			
	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	・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(盛土材や埋土材、植栽基盤等)に利用。 ・積重ねて、盛土として適用できる。 養生期間(ジオテキスタイル製透水袋で約56日)と養生するためのヤードが必要 になる。	 出典：袋詰め脱水処理工法 (財)土木研究センター		
脱水固化	機械脱水処理 + 固化材	・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。 ・原料をポンプで圧送するため、下久保ダムの浚渫土の場合、加水してスラリー化させる必要がある。 ・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。高分子凝集剤以外の助剤を使用しないため、脱水余水のpH調整は不要。	 高圧型 ドラムプレス 概要図			
客土	脱水	天日乾燥 水切り脱水袋等	・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。 ・ 特別な施設は不要で安価 である。乾燥期間は天候等に左右され、 広い敷地と長い期間を要する 。	汎用掘削機械(バックホウ等)での施工が可能  出典：建設発生土利用技術マニュアル(第二版)(財)土木研究センター	処分費：低 処分量：少	△
湖内移動	袋詰め脱水処理	ジオテキスタイル製透水袋	・堤体付近の浚渫土を袋詰め沈設台船に圧送し、台船に設置されたジオテキスタイル製透水袋に充填する。袋詰めされた浚渫土は貯水池内の所定位置に沈設する。 ・台船所上での作業となるため、狭隘な山間部でダム湖岸に施工ヤードが十分に確保できない場合でも施工が可能。	 出典：袋詰め脱水処理工法((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	・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 貯水池内にそのまま投下 する。 ・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。 ・ 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 。		処分費：低 処分量：中	◎