

## 4. 堆 砂

## **4. 堆砂**

### **4.1 評価の進め方**

#### **4.1.1 評価方針**

現在の堆砂状況及び経年的な整理により堆砂傾向を把握して評価を行う。

#### **4.1.2 評価手順**

以下の手順で作業を行う。作業のフローは図 4.1-1に示すとおりである。

##### **(1) 堆砂測量方法の整理**

堆砂測量（深淺測量）の方法について、手法・測線（測量断面位置）・測量時期等について整理する。

##### **(2) 土砂流入等の状況整理**

集水域の開発状況、崩壊地の状況、砂利採取の状況等、土砂流入に影響する事柄について位置、規模、内容等を整理する。

##### **(3) 堆砂実績の整理**

測量結果（堆砂状況調査報告書、深淺測量結果等）をもとに、堆砂状況について経年的に図表に整理する。また、縦横断図を示し、堆砂形状を把握する。

##### **(4) 堆砂傾向及び堆砂対策の評価**

実績堆砂量の経年変化より、堆砂の進行状況や堆積箇所等の傾向について評価を行う。また、堆砂対策の概要を示し、効果について評価する。

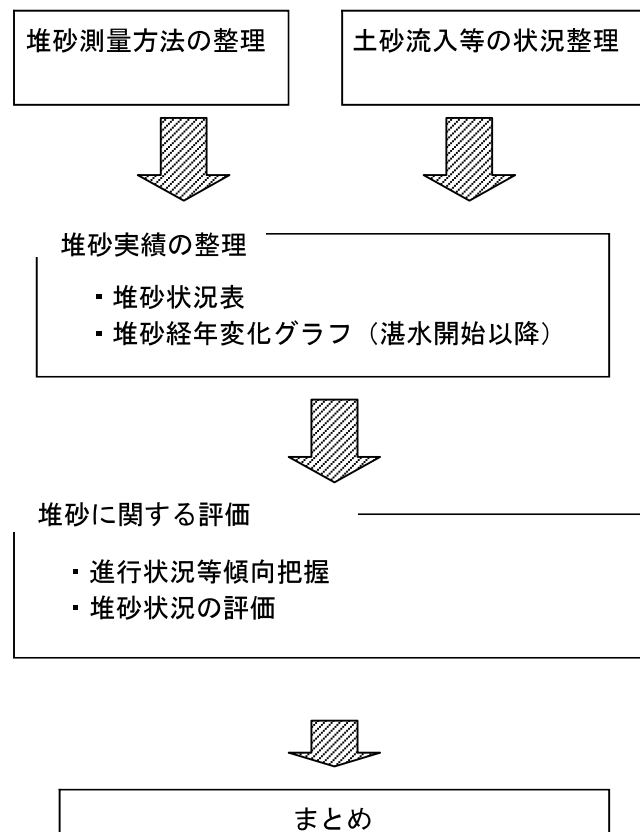


図4.1-1 評価手順

#### 4.1.3 必要資料（参考資料）の収集・整理

測量成果や堆砂対策に関わる資料等、まとめに必要となる資料について収集し、リストを作成する。収集した資料は、「4.6 文献リスト」において整理する。

#### 4.2 堆砂測量実施状況

堰直下流及び貯水池の堆砂量を把握するため、毎年、加古川大堰定期横断測量を実施して横断面図を作成し、前年度との比較を行っている。なお、測量は毎年10月～12月に実施している。

河川区域内の陸上部及び水深が1m未満の箇所は直接水準測量を、水深が1m以上の箇所は音響測深器を使用した深淺測量で、縦断方向に堰上流側は200m間隔で4.4km上流まで、下流側は40m間隔で0.4km下流まで実施している。

図4.2-1に加古川大堰測量位置(測線図)を示す。

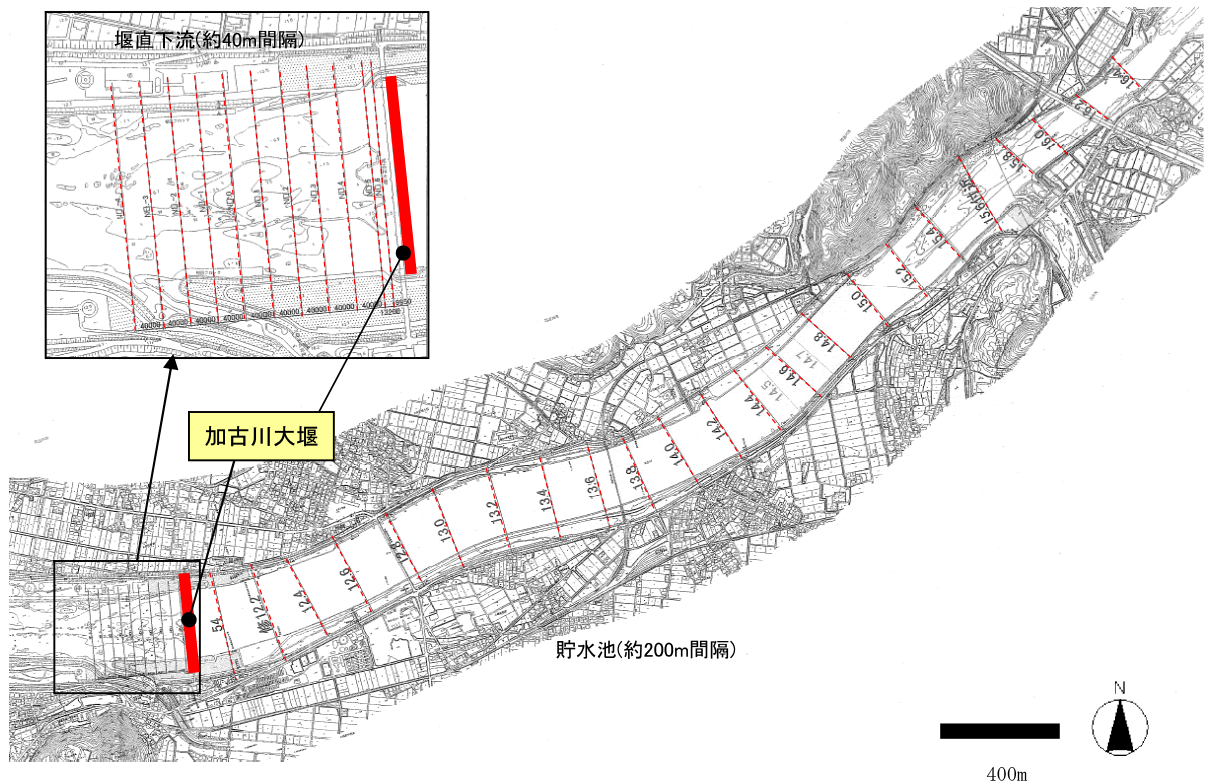


図4.2-1 加古川大堰測量位置(測線図)

(出典:資料 4-1)

### 4.3 堆砂実績の整理

#### 4.3.1 堆砂量の整理

表 4.3-1に掘削量、表 4.3-2に加古川大堰の堆砂状況、図 4.3-1に加古川大堰貯水池の堆砂経年変化を示す。

平成 3 年の測量開始以降、出水や河道掘削等により河床の堆砂状況が変動し、堆砂量も増減を繰り返している。

管理移行後、全体的に堆砂量は増加傾向である。近年、堆砂量は平成 20 年度、平成 22 年度、平成 25 年度、平成 29 年度、令和 3 年度の河道掘削等により減少したが、増加傾向は変わらず、令和 3 年の総堆砂量は約 244 千 m<sup>3</sup>である。

堆砂量の増減に関し、要因としては、次に示すことが考えられる。

- ・平成 20 年…左岸 14.2K 付近～14.6K+10 付近の河道掘削 (10,400m<sup>3</sup>)
- ・平成 21 年…台風 18 号の接近による出水
- ・平成 22 年…5 月の 3,863m<sup>3</sup>/s の出水、  
15.2K+150～15.6K+100 付近の河道掘削 (90,400m<sup>3</sup>)
- ・平成 23 年…台風 2 号, 15 号の接近による出水と台風 12 号接近時の 4,253m<sup>3</sup>/s の出水
- ・平成 25 年…台風 18 号の接近に伴う 4,938m<sup>3</sup>/s の出水
- ・平成 25 年…貯水池内の河道掘削実施(20,500 m<sup>3</sup>)
- ・平成 27 年…台風 11 号接近時の 4,233 m<sup>3</sup>/s の出水
- ・平成 29 年…貯水池内の河道掘削実施(23,500 m<sup>3</sup>)
- ・平成 30 年…平成 30 年 7 月豪雨の 5,161 m<sup>3</sup>/s の出水
- ・令和 2 年…貯水池内の河道掘削実施(14,184 m<sup>3</sup>)

表4.3-1 掘削量 (m<sup>3</sup>)

年度	大堰上流	大堰下流
平成 20 年	10,400	—
平成 21 年	—	9,400
平成 22 年	90,400	8,000
平成 23 年	—	—
平成 24 年	—	—
平成 25 年	20,500	—
平成 26 年	—	16,235
平成 27 年	—	—
平成 28 年	—	—
平成 29 年	23,500	—
平成 30 年	—	—
令和元年	—	—
令和 2 年	14,184	—
令和 3 年	—	17,643

令和3年時点における総堆砂量は243.80千 $m^3$ 、全堆砂率は12.44%となっている。現状では堆砂による問題は生じていないが、今後の動向について継続して調査していく必要がある。

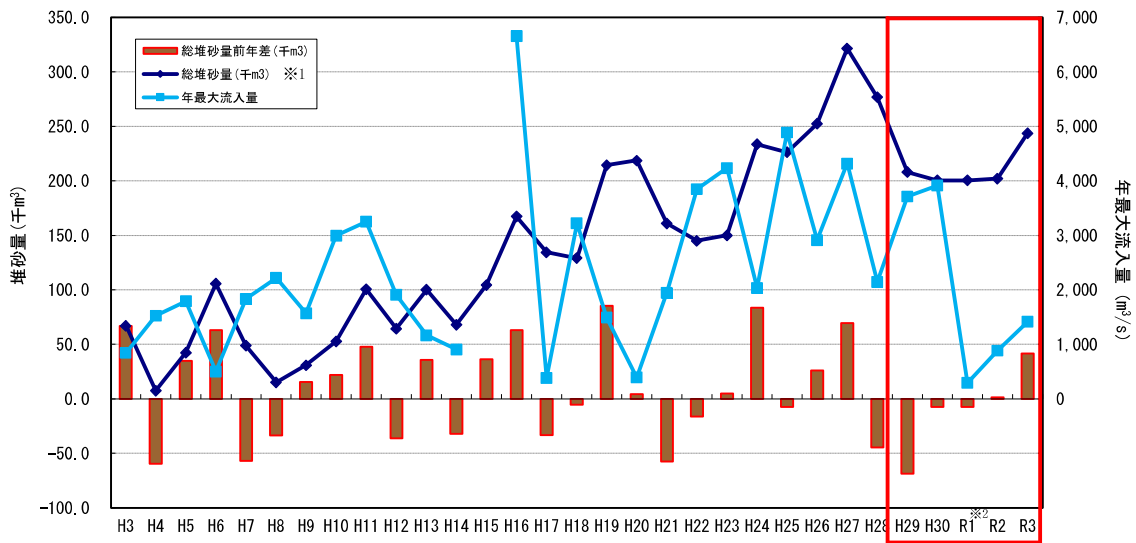
なお、加古川大堰では「計画堆砂量」は設定していない。

表4.3-2 加古川大堰の堆砂状況

流域面積(km <sup>2</sup> )	1,657	有効貯水容量(千 $m^3$ )	1,640
総貯水容量(千 $m^3$ )	1,960	死水容量(千 $m^3$ )	320
年	経過年数	総堆砂量(千 $m^3$ )	全堆砂率 <sup>※1</sup> (%)
平成3年	3	67.00	3.42
平成4年	4	7.00	0.36
平成5年	5	42.00	2.14
平成6年	6	106.00	5.41
平成7年	7	49.00	2.50
平成8年	8	15.00	0.77
平成9年	9	31.00	1.58
平成10年	10	53.00	2.70
平成11年	11	101.00	5.15
平成12年	12	64.00	3.27
平成13年	13	100.00	5.10
平成14年	14	68.00	3.47
平成15年	15	104.00	5.31
平成16年	16	167.00	8.52
平成17年	17	135.00	6.89
平成18年	18	129.20	6.59
平成19年	19	214.50	10.94
平成20年	20	218.70	11.16
平成21年	21	161.10	8.22
平成22年	22	145.11	7.40
平成23年	23	150.12	7.66
平成24年	24	233.63	11.92
平成25年	25	226.30	11.55
平成26年	26	252.31	12.87
平成27年	27	321.63	16.41
平成28年	28	276.84	14.12
平成29年	29	208.05	10.61
平成30年	30	200.56	10.23
令和元年 <sup>※2</sup>	31	200.56	10.23
令和2年	32	202.14	10.31
令和3年	33	243.80	12.44

※1 全堆砂率:総貯水容量に占める総堆砂量の割合

※2 令和元年の年次報告書によると令和元年は定期横断測量が実施されていないため、平成30年の値を採用



※1 総堆砂量：各年堆砂量の累計

※2 令和元年は定期横断測量が実施されていないため、平成30年の値を採用

図4.3-1 堆砂の経年変化

    ：赤囲みは評価対象期間(H28～R3)のデータを示す。

(出典：資料 4-1, 4-2)

#### 4.3.2 堆砂形状の整理

図 4.3-3、図 4.3-4の平成 28 年度と令和 2 年度で比較すると、大堰直上流付近(およそ 12.0km～13.0km の範囲) で最大 30cm ほど平均河床高の低下がみられる。

堰直下流は、平成 28 年度と令和 2 年度を比較して、平均河床高の増加がみられたが、令和 3 年度に中州の伐採及び掘削が行われている。

図 4.3-3より利水容量の測量値は近年、概ね横ばいで推移している。また、図 4.3-5に示すとおり、土砂のたまりやすい支川の流入部や堰下流部等の横断面図をみると、数年に一度、維持掘削を実施しているものと考えられる。

従って、現状においては、堆砂による堰機能への影響はないものと推察される。

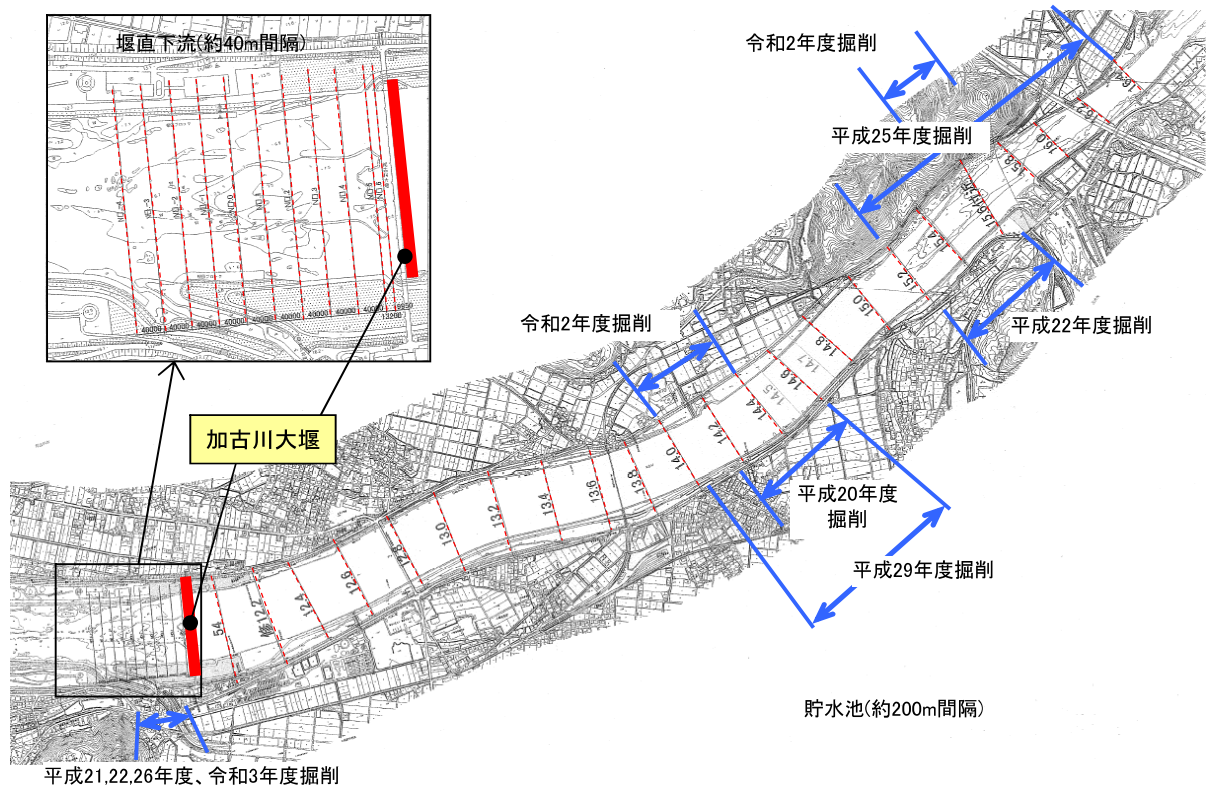


図4. 3-2 加古川大堰の堆砂・掘削状況

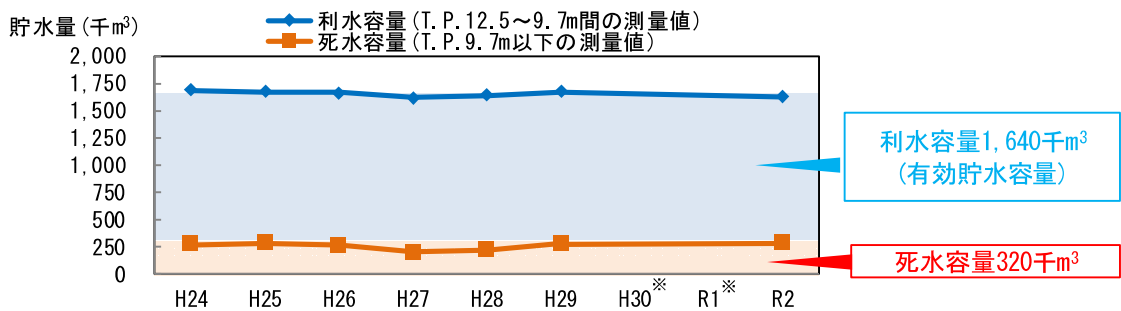


図4. 3-3 加古川大堰の利水容量・死水容量標高間の貯水量の変化



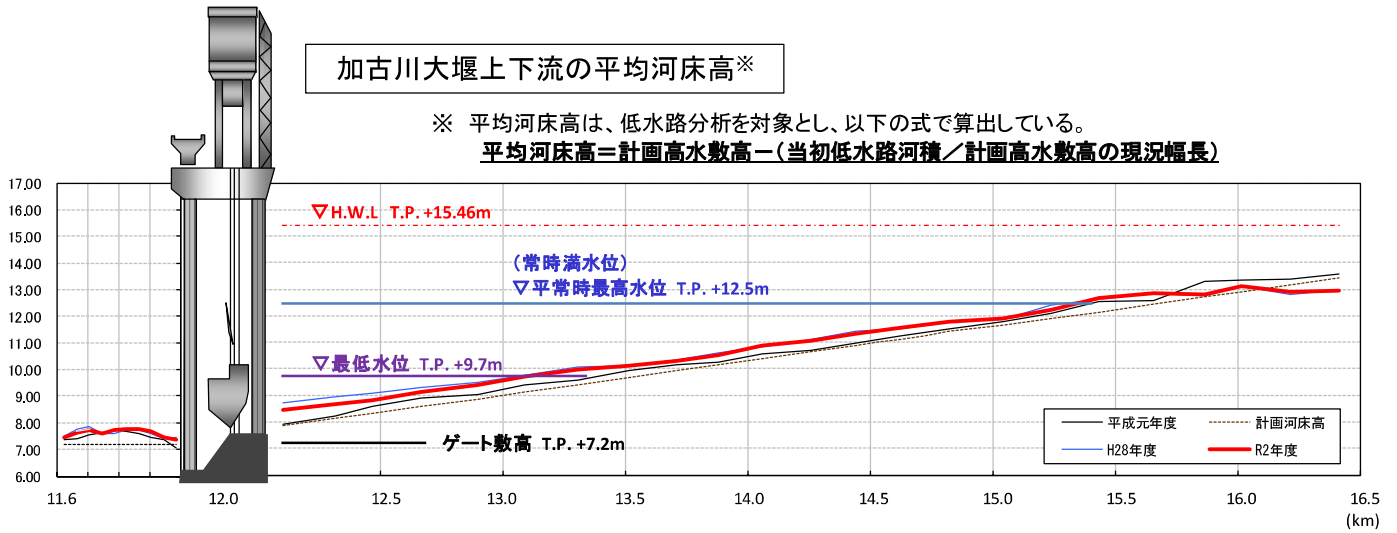
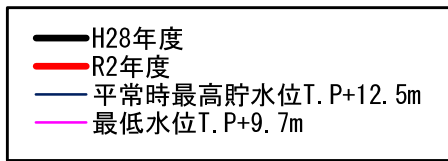
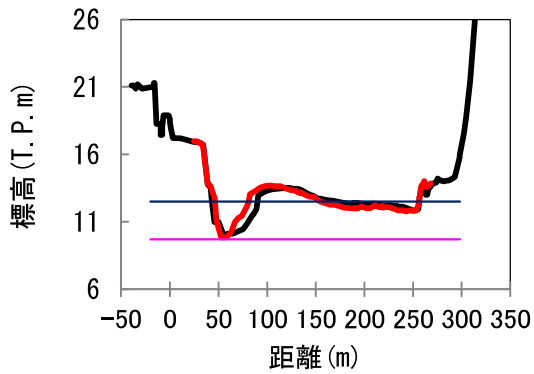


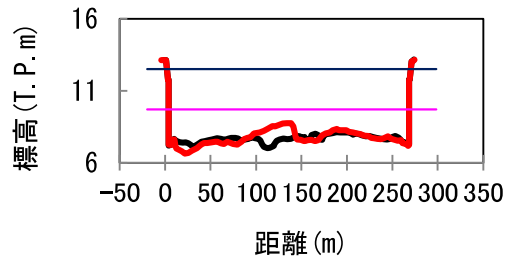
図4. 3-4 貯水池の河床縦断面図

(出典:資料 4-1)

■大堰上流(15. 4k 地点)



■大堰下流(NO. 2 地点)



■大堰上流(12. 2k 地点)

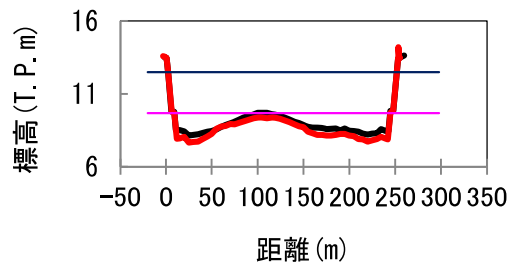


図4. 3-5 貯水池の河床横断面図

(出典:資料 4-1)

#### 4.3.3 堰直下の中洲について

加古川大堰直下の中洲については、平成 21 年度、22 年度、26 年度及び令和 3 年度に樹木の伐採及び掘削が行われている。伐採・掘削エリアは以下のとおりであり、前述の堰直下における河床の低下は当該工事によるものである。写真 4.3-1 に掘削前後の堰下流の状況写真を示す。

- ・平成 21 年度…11.6K 付近～11.8K 付近の河道掘削 (9,400m<sup>3</sup>)
- ・平成 22 年度…11.6K-140～11.6K 付近の河道掘削 (8,000m<sup>3</sup>)
- ・平成 26 年度…11.4K～12.0K 付近の河道掘削  
(16,235m<sup>3</sup> (一次掘削：1,796.8m<sup>3</sup>、二次掘削：14,438.5m<sup>3</sup>))
- ・令和 3 年度…11.4K～12.0K 付近の河道掘削 (17,643 m<sup>3</sup>)

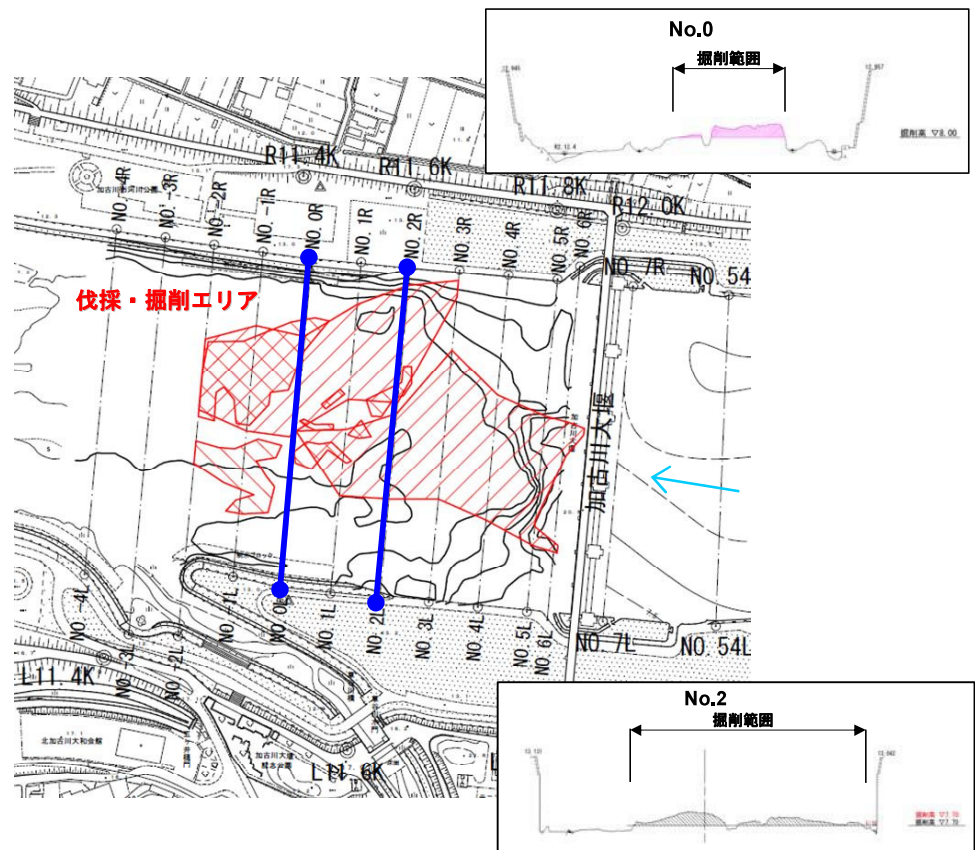


図4.3-6 堰直下の伐採・計画掘削図



写真4.3-1 掘削前後の堰下流の状況

#### 4.3.4 放流方法の見直しの検討状況

##### (1) 堰直下の堆砂に係るこれまでの検討経緯

加古川大堰管理運用改善資料作成業務（平成 26 年 3 月）では、加古川大堰は平成元年の運用開始から約 24 年が経過し、堰直下の堆積土砂に起因する放流量の算定精度の低下や洪水時の操作対応等の課題が顕在化していることを踏まえ、放流量算定精度向上の方法を検討するとともに、下流放流増加制限、洪水警戒体制発令指標、事前放流開始流量の妥当性を検証し、安全・確実な操作、負担軽減をはかる操作の観点から洪水対応操作方法の改善立案を行った。

##### (2) 洪水対応操作方法の改善立案

加古川大堰管理運用改善資料作成業務（平成 26 年 3 月）では、現行操作規則、既往の加古川大堰水理模型実験報告書、ゲート操作順位の変更による土砂の堆積防止に関する既往検討結果を参考に、護床工への影響がなく、堰直下流の土砂のフラッシュ効果が得られるゲート操作順位の変更案を検討した。

実績洪水波形を用いてゲート操作の変更案による各ゲートの時系列放流量を算出し、これを用いて二次元河床変動解析によって堰直下の土砂の堆積状況を比較評価した。

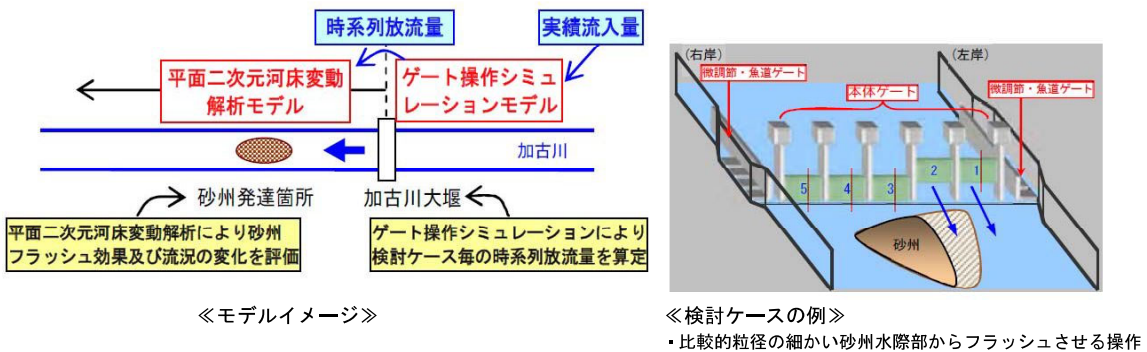


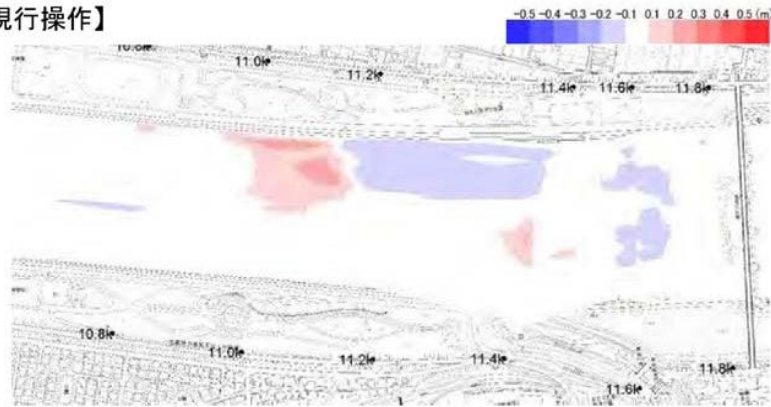
図4.3-7 検討イメージ

表4.3-3 ゲート操作変更案の概要

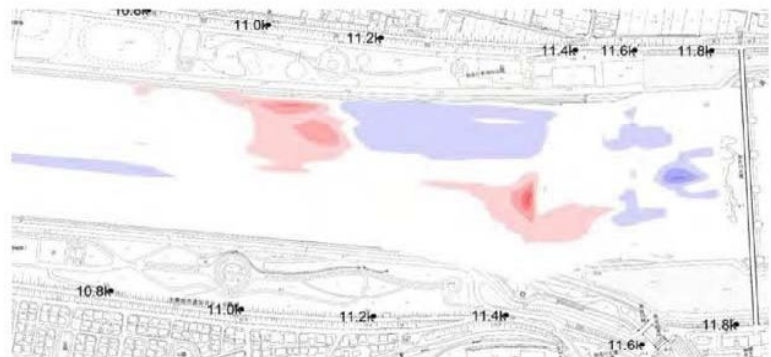
案	操作変更案①	操作変更案②	操作変更案③
操作概要	・全閉直前は、3号ゲートと隣接ゲートの開度差を1.0m確保し、中央部からの放流量を卓越させる案	・定水位制御の初期（Ⅱのタイミング）に、中央部からの放流量を卓越させる案	・通期にわたって、中央部からの放流量を卓越させる案
I	<p>・流入量が1,000m<sup>3</sup>/s未満になったので①～⑤ゲートの開度を1.0mにして定水位制御へ移行し貯水位をT.P.10.0m～T.P.11.5mに維持する。</p>	-	-
II	<p>・⑤→①→④→②の順序でゲート操作を行う。(0.5mずつ閉操作)</p>	<p>・⑤→①の順序でゲート操作を行う。</p>	-
III	<p>・⑤→①の順序でゲート操作を行う。(0.5mずつ閉操作、3号ゲートは開度1.0mを維持)</p>	<p>・④→②の順序でゲート操作を行う。(3号ゲートは開度1.0mを維持)</p>	<p>・④の閉操作を行う。(2号・3号ゲートは開度1.0mを維持)</p>
IV	<p>・全閉直前は3号ゲートと隣接ゲートの開度差を1.0m確保し、中央部からの放流量を卓越させる。</p>	<p>・全閉直前は3号ゲートと隣接ゲートの開度差を1.0m確保し、中央部からの放流量を卓越させる。</p>	<p>・全閉直前は3号ゲートと隣接ゲートの開度差を1.0m確保し、中央部からの放流量を卓越させる。</p>

<操作ケースによる河床変動量の比較（平成22年5月25日12時：総放流量367m<sup>3</sup>/s）>

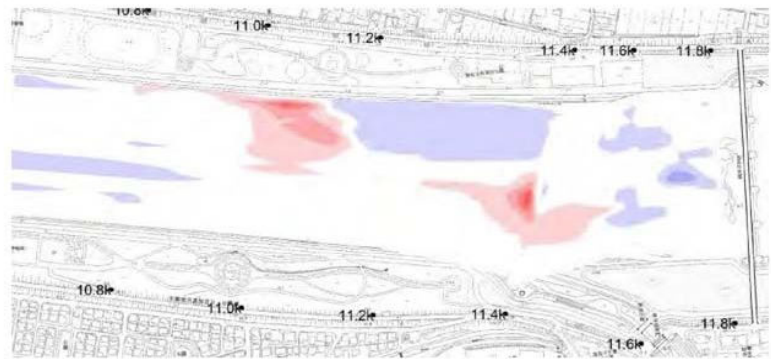
【現行操作】



【操作変更案①】



【操作変更案②】



【操作変更案③】

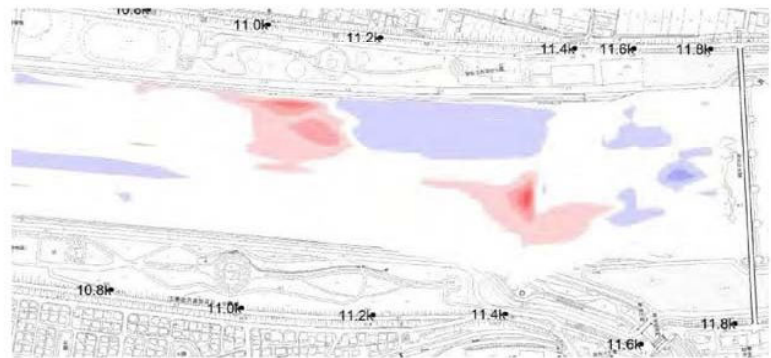


図4.3-8 操作前後における河床変動量（H22.5 洪水時）



(3) 放流方法の変更についての当時のまとめ

表 8.3.10 洪水対応操作方法における改善案の提案事項【魚道制水ゲート操作方法】

7. 洪水対応操作方法の立案	
<p>&lt;検討概要&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行操作規則、既往の加古川大堰水理模型実験報告書、ゲート操作順位の変更による土砂の堆積防止に関する既往検討結果を参考に、堰下流の土砂のフラッシュ効果が得られるゲート操作方法を検討した。</li> </ul>	
<p>&lt;主な検討結果&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ゲート操作方法の改善案については、操作の安全性、確実性、操作員の負担軽減といった視点を考慮し、洪水末期の定水位制御期間における操作順序変更案を立案した。</li> <li>・ 今回立案した低水路中央部からの放流量を卓越させる変更案は、現行操作に比べて堰直下の土砂フラッシュ効果を促進することが確認できた。</li> </ul>	
<p>図 操作前後における河床変動量 (H22.5 洪水時、上図：現行操作、下図：操作変更案①)</p>	
<p>&lt;提案事項&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>堰直下流の土砂の堆積を軽減するための洪水末期の操作方法を提案した。</u></li> </ul>	

しかし、効果量が小さく、現行操作に比べて十分な効果が認められなかったため、放流方法は変更していない。

#### 4.3.5 河床材料の変化

加古川大堰貯水池の水質調査の一環として、底質調査を平成4年より毎年5月を基本に実施している。

調査地点は、加古川大堰直上流となる河口より 12km 地点から、400m おきに 15.8km 地点まで実施している。

調査方法は、12.0km から 14.6km 付近までの比較的水深が深い地点においては、エクマンバージ採泥器や潜水などによる採泥、14.6km より上流の比較的浅い地点においては、スコップや柄杓による採泥とした。

堰直上の 12km 地点、13.0km 地点、美囊川合流(貯水池末端)付近の 15.8km 地点における河床材料の粒度組成の変化の概況は、図 4.3-9 に示すとおりである。

年によって変動するものの、概して堰に近い方で細粒分が多くなっている。

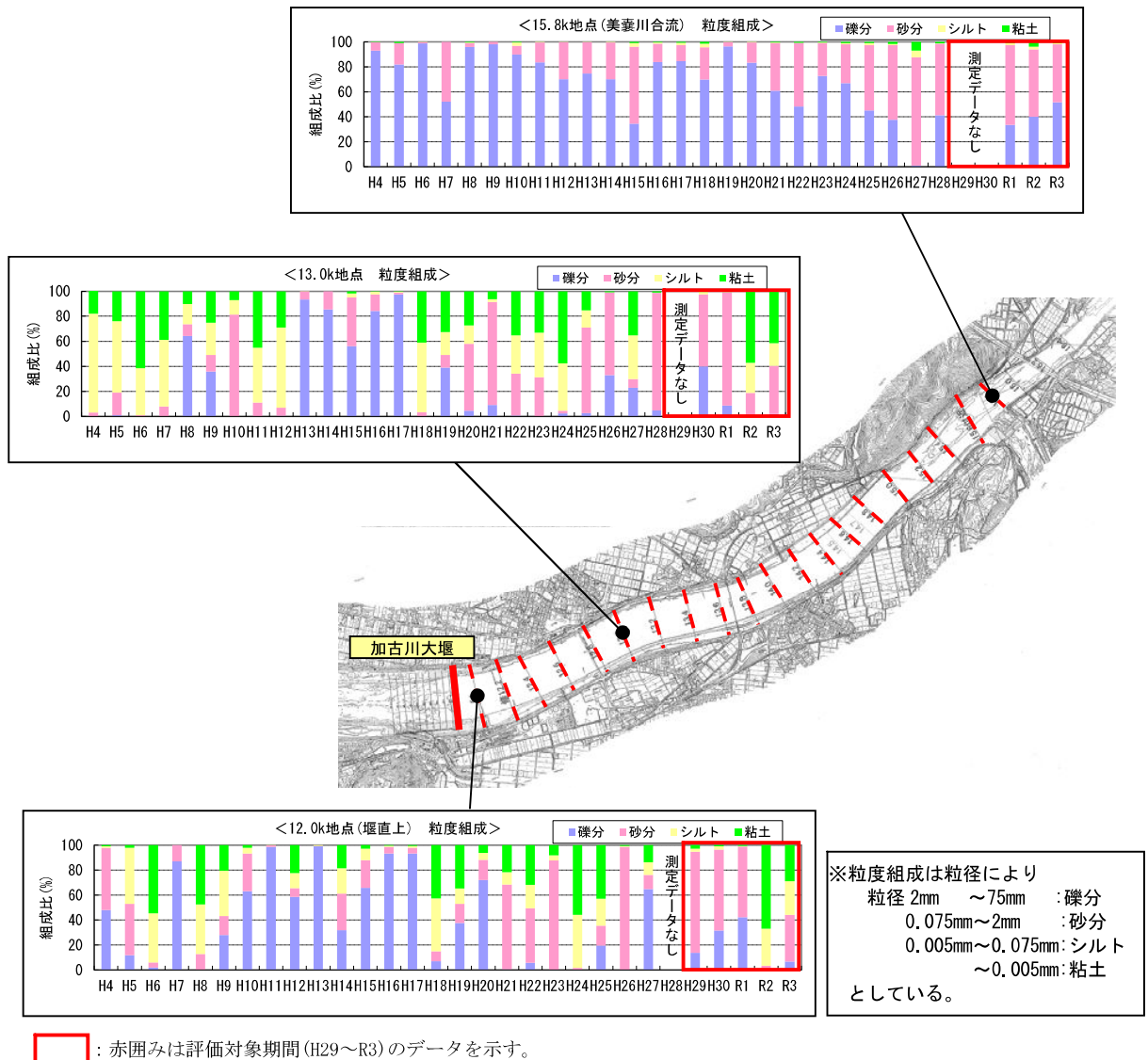
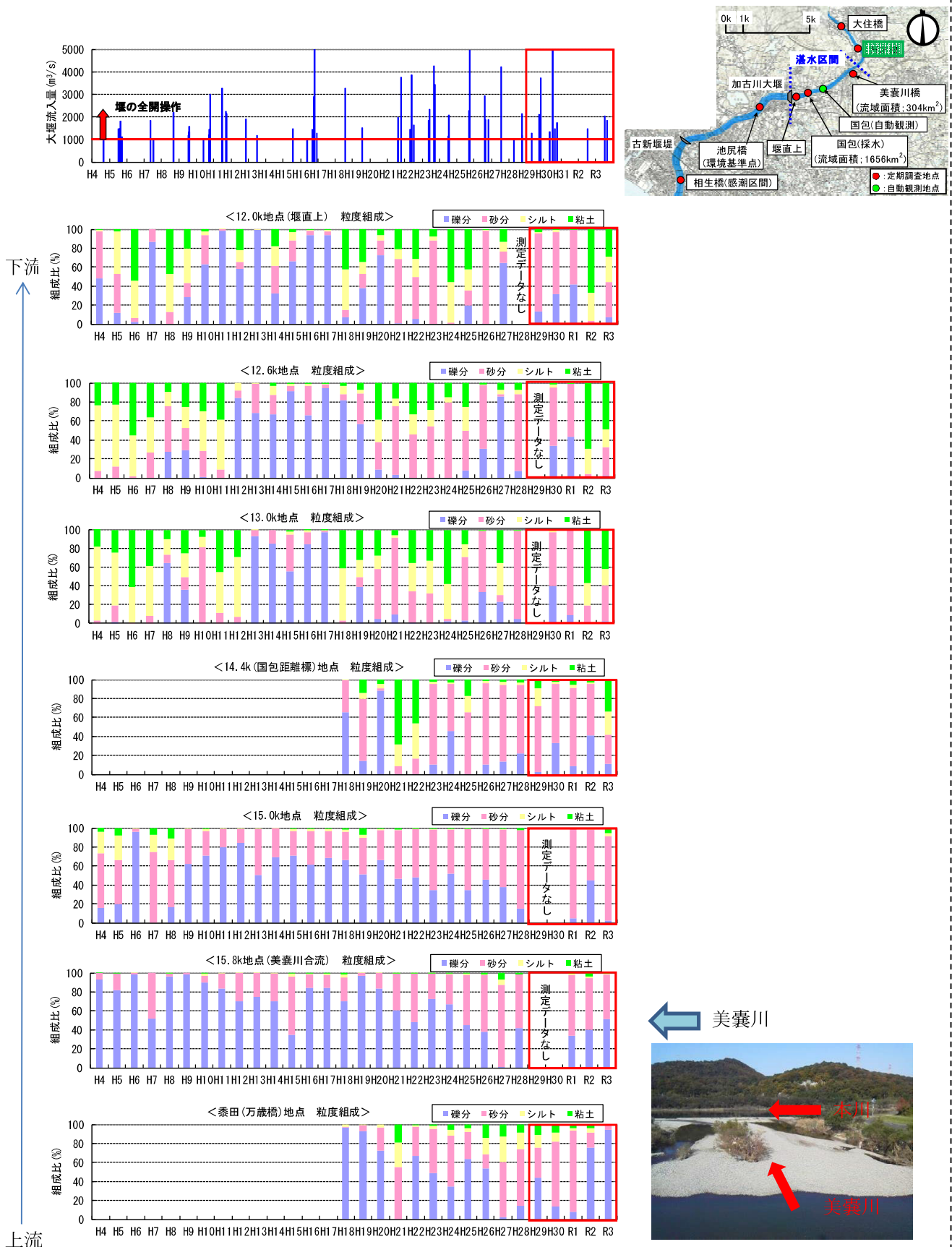


図4.3-9 河床の粒度組成変化

(出典:資料 4-3)

参考：支川流入前後の粒度組成



※14.4k(国包距離標)地点、黍田(万歳橋)地点は他地点と測定日が異なる場合がある。

図 底質(河床材料)の粒度組成

#### 4.3.6 堆砂が将来的に治水安全度に及ぼす影響

湛水域末端部や堰下流部等、堆積しやすい箇所の堆砂が将来的に治水安全度に及ぼす影響を以下のように考察した。

##### (1) 流下能力の経年変化

加古川大堰周辺は比較的流下能力は高い。加古川大堰湛水域より上流の来住・大島地区（16k～19k 付近）は、平成 16 年台風 23 号洪水で被害が大きかったが左岸の築堤が実施され、現在の治水安全度は向上した（右岸は農地であり今後整備される）。

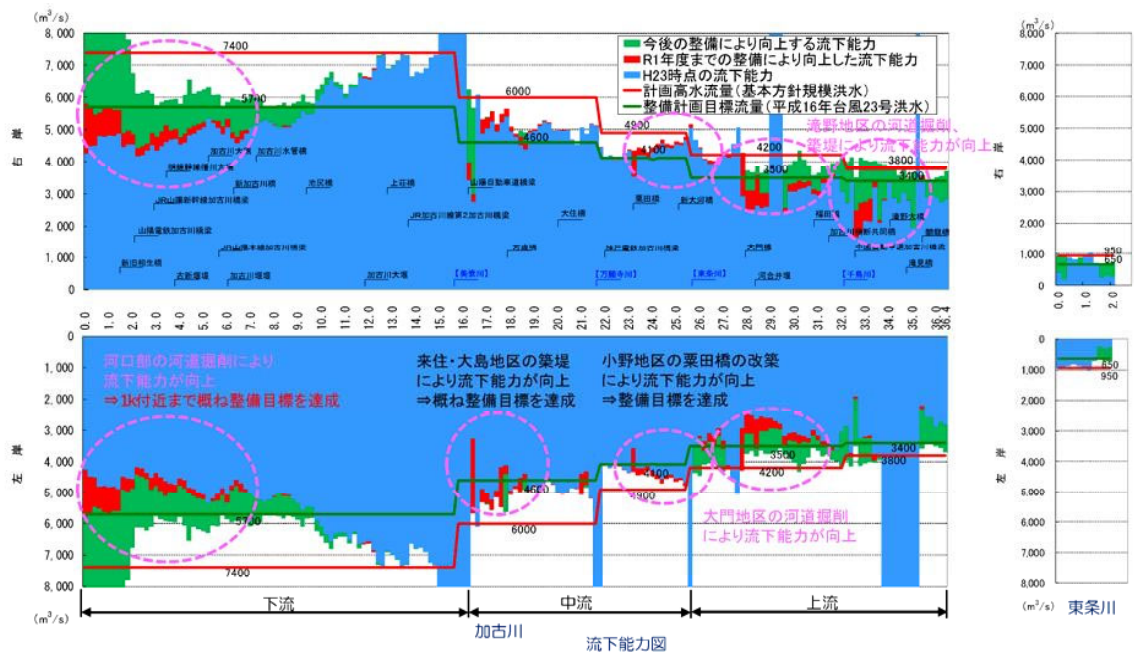


図4.3-10 加古川の流下能力図

(出典:資料 4-4)

##### (2) 取水口の位置や高さについて

堆砂による取水への影響として、加古川大堰直上流左岸・右岸に位置する取水口への影響にも留意が必要である。

左岸取水口、右岸取水口ともに自然取水であり、最低取水水位は T.P. +9.70m である（図 5.1-4 参照）。

堰直上流の横断（図 4.3-5 参照）と比較して、最低取水水位 T.P. +9.70m より河床が低いことから、現状の堆砂形状において取水口への影響は生じていない。

##### (3) まとめ

以上より、加古川大堰湛水池における堆砂による取水への影響、治水安全度への影響は生じていないと考えられる。

今後も、河川測量などを継続して堆砂量を把握し、利水容量（有効貯水容量）の維持の他、取水口への影響、上流の治水安全度への影響にも留意して、堆積土砂の除去を検討していく。



#### 4.4 まとめ

##### (1) 堆砂のまとめ

堆砂は、平成 28 年度と比較して、令和 2 年度において堰直上流付近でやや低下がみられた。堰直上の堆砂は、現状においてはゲート操作に支障はない。

土砂の掘削しやすい湛水域の末端部や堰下流部等において、数年に一度、維持掘削を実施している。維持掘削を実施することで、流下能力も維持できている。

現状においては、堆砂による堰機能への影響はない。

掘削土砂は、近隣の他工事（東播磨南北道工事）での再利用や、加古川の土砂ストックヤードに運搬している。

##### (2) 今後の方針

今後も河川測量などを継続して堆砂量を把握し、利水容量（有効貯水容量）を維持するよう、堆積土砂の除去を検討していく。

堰直下の堆砂は、堰の管理上重要であるため、数年毎の掘削による対応のほか、ゲート操作の工夫などにより堆砂を抑えることも検討していく。

## 4.5 文献リスト

表4.5-1 「4. 堆砂」に使用した文献・資料リスト

NO.	文献・資料名	発行者	発行年月	引用ページ・箇所
4-1	加古川大堰定期横断測量業務報告書	姫路河川国道事務所	平成 19 年度～ 令和 2 年度	4.2 堆砂測量実施状況 4.3 堆砂実績の整理 4.3.1 堆砂量の整理 4.3.2 堆砂形状の整理
4-2	加古川下流定期縦横断測量業務報告書	姫路河川国道事務所	令和 3 年度	4.3 堆砂実績の整理 4.3.1 堆砂量の整理
4-3	水質試験作業加古川関連調査分析結果報告書	姫路河川国道事務所	平成 4 年度～ 令和 3 年度	4.3 堆砂実績の整理 4.3.4 河床材料の変化
4-4	第 3 回加古川流域懇談会 懇談会資料	姫路河川国道事務所	令和 3 年度	4.3 堆砂実績の整理 4.3.6 堆砂が将来的に治水安全度に及ぼす影響