

淀川水系の総合土砂管理について

徳野 峻治¹

¹近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 工務第二課 (〒640-8227 和歌山県和歌山市西汀丁16番)

ダム貯水池における堆砂は、貯水容量を圧迫することでダムの機能を低下させることから、ダムの長寿命化の実現に向けた最大の課題である。一方で、ダム下流河川ではダムによって土砂が堰き止められることで、流下土砂量の減少により河床低下、河床の粗粒化等の問題が発生している。こうした課題への対策として天ヶ瀬ダム下流の宇治川及び淀川本川において、下流河川の流砂環境の再生の観点から想定される土砂還元の制約条件及び期待する効果を定式化し、適切な土砂還元の量及び粒径の範囲を検討した。

キーワード 総合土砂管理, 土砂還元, 流砂環境再生

1. 淀川水系総合土砂管理の概要

淀川は、その源を滋賀県山間部に発する大小支川を琵琶湖に集め、大津市から河谷状となって南流し、桂川と木津川を合わせて大阪平野を西南に流れ、途中神崎川及び大川（旧淀川）を分派して大阪湾に注ぐ、幹川流路延長75km、流域面積8,240km²の一級河川である。（図-1）



図-1 淀川流域図

淀川水系には、合計で9つのダムが存在し、その内の一つである天ヶ瀬ダムは、1964(昭和39)年に淀川水系淀川（宇治川）に建設されたダムである。天ヶ瀬ダムの堆砂状況について、進行しており、2021(令和3)年度時点の全堆砂量は5,128千m³、計画堆砂量(6,000千m³)に対する堆

砂率は85.8%、比堆砂量254m³/km²/年となっており、計画比堆砂量171m³/km²/年と比較して約1.5倍の速さで堆砂が進行している。堆砂量の増加は、洪水調節機能の低下に繋がるため、土砂の掘削等を実施している。

天ヶ瀬ダムの下流河川である宇治川及び淀川本川の状態について、天ヶ瀬ダムの建設以降上流から流れてくるはずの土砂が天ヶ瀬ダムに堆砂し、土砂が下流まで流れてこない。その影響を受けて、宇治川の一部区間において、河床低下や粗粒化が起きている。

天ヶ瀬ダムの堆砂及び下流河川の土砂供給量の減少の二つの課題を解決するために天ヶ瀬ダム直下に土砂還元を実施することを検討している。その中で、土砂還元を実施するにあたり、宇治川及び淀川の現状と抱えている問題を把握する必要がある。

2. 宇治川及び淀川本川の現状と問題の整理

(1) 河床材料の粗粒化

昭和40年から令和4年の河床材料調査の結果(図-2)によると47.0k~51.0k付近において、河床材料の粗粒化が見られる。天ヶ瀬ダムができたことにより、細かい粒径の土砂が流れてこないため河床がアーマーコート化し、河床材料が粗粒化することが考えられる。

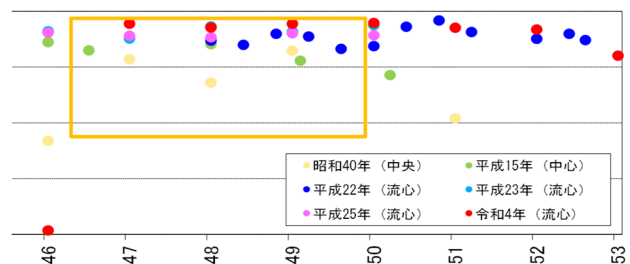


図-2 河床材料平均粒径縦断面図

河床材料が粗粒化することにより、オイカワ、アユ等の産卵床の減少等の生物環境への影響が考えられる。

(2) 河床低下

昭和50年から令和4年の横断測量の結果(図-3)によると42.6k地点から48.0k地点において、横断図を経年的に確認すると河床低下が進行している。天ヶ瀬ダムが建設されたことにより、土砂供給量が減少し、河床低下を引き起こしていると考えられる。過度な河床低下は構造物の基礎の露出等の安全性への影響が懸念される。特に観月橋では、橋梁の基礎が露出しており、構造物への影響が懸念される。

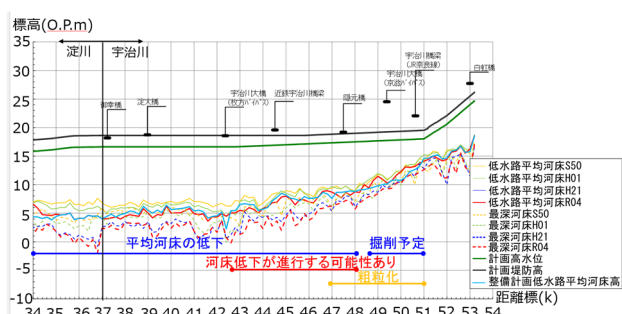


図-3 低水路平均河床縦断面図

(3) 流下能力確保

昭和50年から令和4年の横断測量の結果によると48.4k地点から51.0k地点では堆積傾向にある。この区間は、川幅が他の区間と比べ広がっている。そのため、流速が落ち、土砂が堆積する傾向となっている。また、「淀川河川整備計画（変更）」²⁾に基づき淀川本川及び宇治川では、流下能力確保のため、河床の掘削等の対策を実施している。治水上必要な河積は、河床掘削箇所のみではなく、全ての区間において、確保する必要がある。

上記で整理した各問題を解決するためには、各問題箇所における管理目標を定め、目標に向けた対策を実施していく必要がある。そのため、天ヶ瀬ダム下流の宇治川及び淀川本川において、下流河川の流砂環境の再生の観点から想定される土砂還元の制約条件及び期待する効果を定式化し、適切な土砂還元の量及び粒径の範囲を検討した。

3. 各問題箇所における管理目標と評価手法

(1) 評価手法

天ヶ瀬ダム直下に置土を実施した場合の各問題箇所における評価手法を検討した。各問題に対応するため、粒径の変化及び河床変動高の2つの指標で評価を行う。

a) 粒径の変化で評価

評価する上での考え方は、置土を行わない場合よりも

行方の場合の方が河床の粒径が小さくなることと土砂還元による大幅な河床環境の変化を避けるため礫床区間の砂床化は回避することである。

評価方法としては、置土を行う場合及び行わない場合の河床変動計算後の粒径の構成比率を比較する。

条件式は次の式(1a)とする.

$$D_{60a} > D_{60af}(A_i, B_i) > 2.0 \quad (1a)$$

各変数は、次の通りである.

D60a : a地点における置土を実施しない場合の河床変動
計算後のD60粒径 (mm)

D60af(Ai, Bj) : 天ヶ瀬ダム直下に土砂量Ai (m³), 粒径Bj (mm) の置土をした場合の河床変動計算後のa地点のD60粒径 (mm)

Ai : 天ヶ瀬ダム直下の置土量 (m³)

$$Bi: \text{天ヶ瀬ダム直下の置土の粒径 (mm)}$$

b) 河床変動高の変化で評価

評価する上での考え方は、長期の河床変動高が一定の範囲に収まっていることである。

評価方法としては、「河道計画検討の手引き」（平成13年）³⁾より「低水路の安定性の判断については、10年間で30cm～40cm程度以内の変化を一つの目安とすることできる」との記載から河床変動計算前後の河床変動高が $\pm 0.3\text{m}/10\text{年}$ に収まっていることとする。本稿では、河床変動計算を24年間で実施するため、 $\pm 0.72\text{m}/24\text{年}$ とする。

条件式は次の式(1b)とする.

$$-0.72 > Z_{af}(A_i, B_i) > 0.72 \quad (1b)$$

各変数は、次の通りである.

Zaf(Ai, Bj) : 天ヶ瀬ダム直下に土砂量Ai (m³), 粒径Bj (mm) の置土をした場合の河床変動計算後のa地点の河床変動高 (mm)

Ai : 天ヶ瀬ダム直下の置土量 (m³)

Bj :天ヶ瀬ダム直下の置土の粒径 (mm)

(2) 管理目標に向けた条件式

宇治川及び淀川における問題箇所から管理目標に向けた条件式を図-4のとおり示す。図-4の条件式を満たす置土の量や粒径を把握する必要がある。

河川	現状	問題		管理目標 (案)	管理目標の条件式
		内容	箇所		
淀川・宇治川	土砂の再堆積	流下能力の確保	全区間	過度な堆積の防止	$Zaf(A, B_j) < 0.72$ a: 0.0k~53.0k
宇治川	河床低下	構造物への影響	37.2k~48.0k	河床低下の抑制	$-0.72 < Zaf(A, B_j)$ a=37.2k~48.0k
	土砂の再堆積	流下能力不足	48.4k~50.4k	河積の確保	$Zaf(A, B_j) < 0.72$ a: 48.4k~50.4k
	河床材料の粗粒化	生態系への影響	47.0k~51.0k	粗粒化の改善	$D_{60A} > D_{60B_j}(A, B_j) > 2.0$ a: 47.0k~51.0k

図4 問題箇所と管理目標に対する条件式

4. 受け入れ可能土砂量の検討

(1) 計算条件及び計算結果

a) 計算条件

天ヶ瀬ダム直下に置土を行った際に宇治川及び淀川本川において、受け入れ可能土砂量を検討する。土砂量の検討を行うため、河床変動解析（準二次元）を実施した。河床変動解析の条件として、河床は河川整備計画に基づき計画されている河床掘削を実施した河床とする。流量は1999年から2022年までの24年間の実績降雨とする。また、置土の条件としては、天ヶ瀬ダム直下の52.0k～53.0kに実施し、粒径はそれぞれ0.069mm、1.3mm、13mm、31mm、63mmとする。置土量は10,000m³とする。計算期間の24年間に毎年1度、同時期同条件で置土を行う。上記の条件として理由は、粒径の変化によってどの箇所に堆積するかが変わることが想定されるためである。

b) 計算結果（河床変動高）

淀川本川においては、どの粒径においても置土なしの場合と置土ありの場合で河床変動高が変わらない結果となった(図-5)。宇治川においては、置土なしの場合と置土ありの場合で置土の粒径ごとに河床変動高が変わる結果となった(図-6)。置土なしの場合は、35.0k付近～48.0k付近まで侵食傾向にあり、特に43.0k付近から47.0k付近まで過度な侵食傾向にある。一方で、48.4k付近から50.2k付近までは堆積傾向にある。置土ありの場合において、置土の粒径が0.069mmと1.3mmの場合、河床にはほとんど影響せず、河口まで流れる。13mmの場合、侵食傾向のある44.0k～48.0kにおいて、侵食傾向が緩和される。31mmの場合、堆積傾向のある49.0k付近と50.0k付近において、堆積傾向が助長される。63mmの場合、50.0k～51.0kにおいて、堆積傾向が助長される結果となった。

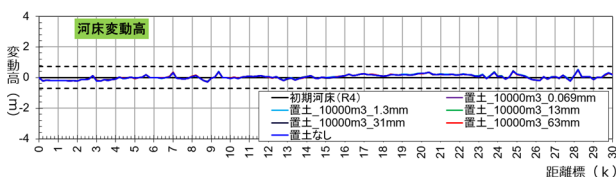


図-5 各条件における河床変動高（淀川本川）

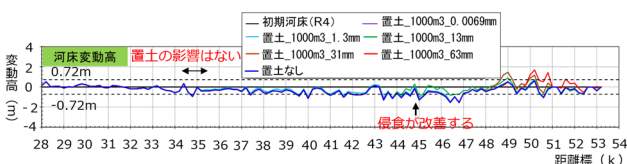


図-6 各条件における河床変動高（宇治川）

c) 計算結果（粒径）

淀川本川においては、どの粒径においても置土なしの場合と置土ありの場合で粒径の変化はほとんどない結果

となった(図-7)。宇治川においては、置土の粒径ごとに河床材料の粒径が変わる結果となった(図-8)。0.069mmと1.3mmの場合は、あまり変化しないが、13mmと31mmの場合は、それぞれ47.0k～51.0k、48.0k～51.0kにおいて、平均粒径が細粒化した。

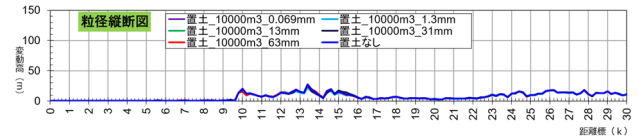


図-7 各条件における粒径縦断面図（淀川本川）

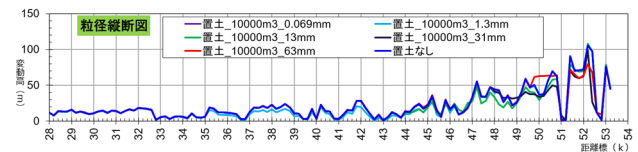


図-8 各条件における粒径縦断面図（宇治川）

(2) 計算結果の考察

a) 河床材料の粗粒化

宇治川において、河床材料の粗粒化区間である47.0k～51.0kに対し、置土の粒径が13mm及び31mmの場合、細粒化する結果となった。その他の粒径では、河床材料にほとんど変化はない。置土を実施する際には、13mm～31mmの粒径を中心に構成することが考えられる。

b) 河床低下

宇治川において、河床低下区間である42.6k～48.0kに対し、置土の粒径が13mmの場合、44.0k～48.0kにおいて、侵食傾向が緩和される結果となった。その他の粒径で、0.069mmと1.3mmの場合は、ほとんどが河口まで流れるため、対象の区間には影響がなく、31mmと63mmの場合は、河床低下区間外に堆積する。置土を実施する際には、13mmの粒径を中心に構成することが考えられる。

c) 流下能力確保

宇治川において、置土の粒径が13mmと31mmと63mmの場合は、過剰な堆積が起こる結果となった。置土を実施する際には、粒径を13mm以下とする必要がある。

d) 計算結果の整理

前述より各問題に対する適切な置土の条件は異なり、両立することは難しいと考えられる。そのため、例として、過度な堆積箇所については、維持掘削や砂利採取等を実施するといった検討が必要となる。

また、単一粒径ごとに検討したことによって、各粒径ごとに影響する範囲が異なることが分かった。そのため、置土の粒径を選ぶことによって置土の供給が必要な区間に対して、影響を与えることが可能である。

5. まとめと今後の課題

本稿では、宇治川及び淀川本川における土砂還元の制約条件及び期待する効果を定式化し、適切な土砂還元の量及び粒径の範囲を検討した。

検討結果としてまとめると以下のとおりである。

置土を実施するにあたり、宇治川は、河床材料の粗粒化や河床低下といった問題や宇治川及び淀川本川において、流下能力の確保が問題としてあげられる。そういった問題と天ヶ瀬ダムの堆砂問題を解決するため、置土を実施することが考えられる。置土の実施にあたっては、置土の量や粒径を把握するため、河床変動解析を実施した。計算結果より、天ヶ瀬ダム直下流1カ所に置土を行う条件において、河床低下の抑制には粒径13mmの土砂で抑制効果が見られ、粗粒化の解消には粒径13mm及び31mmの土砂で効果が見られた。また、局所的な土砂堆積を抑制し、流下能力を確保・維持するためには粒径が13mm以下であることが効果的であるという結果となり、各問題に対する置土の粒径について、各条件式を両立し、全てを同時に満たすことは難しいとの結論に至った。

今後の課題について、計算結果より両立することが難しいと考えられることから過剰な堆積箇所については、維持掘削や砂利採取等で対応するといった置土だけでなく、その他の管理手法との組み合わせを検討する必要がある。また、今回の計算は天ヶ瀬ダムの直下に置土を行

うこととしたが、他の箇所での置土も検討する必要がある。本稿では、天ヶ瀬ダム直下の1カ所への置土という前提条件で検討し、各問題に対して条件式を同時に満たすことはできないと結論づけたが、例として、堆積箇所より下流など複数箇所での置土を想定したり、置土材料を混合粒径として調整したりすることで、より適切な土砂還元のあり方を追求することができる可能性がある。以上のような課題を残しているものの、本稿で検討した「適切な土砂還元のあり方を検討する手法（複数の条件式を同時に満たすことを目指す考え方）」は、実際の河川で土砂還元を実施する場合において、土砂還元により想定されるさまざまな影響を予め想定し、適切な土砂還元量及び粒径を検討する上で有用であると考えられる。

謝辞：淀川水系総合土砂管理検討委員会では、本稿の内容に関し、活発な議論と有益な指摘いただいた。記して表意を表します。

参考文献

- 1) 西津英治：天ヶ瀬ダムにおける堆砂対策について
- 2) 近畿地方整備局：淀川水系河川整備計画
- 3) 一般財団法人国土技術センター編：河道計画検討の手引き
- 4) 西広樹，小林草平，角哲也：流砂環境の再生を目指したダムからの土砂還元の条件の検討手法