

矢作川における総合土砂管理の取組み ～土砂供給に伴う河床環境の予測・評価を巡って～

神本 崇・本間一司

1. はじめに

矢作川水系は流域表層に風化花崗岩が広く分布し、これがマサ化・崩壊するため流出土砂量が多い。このため矢作ダムへの堆砂が進行して貯水容量が減少するとともに、ダム下流域では土砂供給量の減少に伴い河口・海岸に至る各領域において土砂に関わる数多くの問題を抱えている。

中部地方整備局では、これらの問題の解決のため、上流山地領域から河口・海岸領域までを流砂系として捉え、様々な問題を総合的に解決するための土砂管理計画（総合土砂管理計画）の策定に向けた取り組みを行っている。

本現地レポートでは、矢作川における土砂管理上の課題を整理するとともに、総合土砂管理計画策定に向けた解決すべき技術的課題を取り上げ、特に、河床環境に関わる課題の検討状況を報告する。

2. 矢作川の概要と土砂管理上の課題

2.1 矢作川の概要

矢作川は、東海地方中央部の太平洋側に位置し、その源を中央アルプス南端の長野県下伊那郡大川入山（標高1,908m）に発する。そして、飯田洞川、名倉川等の支川を合わせて、愛知・岐阜県境の山間部を貫流し、平野部で巴川、乙川を合流した後、矢作古川を分派して三河湾に注ぐ、幹川流路延長約118km、流域面積約1,830km²の一級河川である。

2.2 土砂管理上の課題と検討の経緯¹⁾

矢作川流域の地質は、領家花崗岩類が大部分を占め、地表の花崗岩はマサ化し崩壊しやすく、山腹崩壊等による流出土砂が多い。このため、矢作ダムでは昭和63年に貯砂ダムを設置し、堆積土砂の掘削を行う等堆砂対策を実施してきた。しかし、平成12年9月洪水（恵南豪雨）等により土砂堆積が著しく進行し、平成21年度時点で計画堆

砂量に対する堆砂量の割合が約103%に達した。一方、矢作ダム下流域では、矢作ダムからの土砂供給量が減少したこと、発電ダム等の河川横断工作物による土砂移動が妨げられていること、さらに、平成元年以前に行われた砂利採取等が行われていたことから河床の低下、河床材料の粗粒化、砂州の固定化、樹林化、河口干潟の減少等が進んでいる。このため、中部地方整備局は平成17年に「矢作ダム堰堤改良技術検討委員会」を設立し、貯水池内に堆積した土砂の掘削と恒久的に排砂を行う排砂設備の検討を開始した。平成22年には「矢作川水系総合土砂管理検討委員会」を設立し、ダムからの排砂に加えて土砂還元等も組み合わせた土砂供給方法の検討に着手した。また、上流山地領域、矢作ダム領域、発電ダム領域、河川領域、河口・海岸領域それぞれの各領域（図-1）において流砂の連続性を確保し、土砂供給を行った際に想定される技術的課題のとりまとめに着手した。

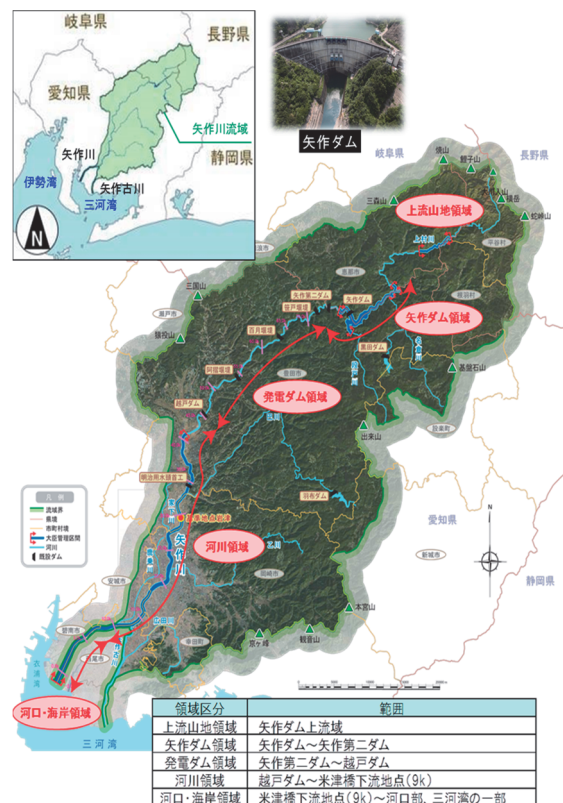


図-1 矢作川流域概要および領域区分図

平成27年には「矢作川水系総合土砂管理計画策定に向けて」を取りまとめ、総合土砂管理を実施する上で矢作川が目指す姿を明確にするとともに、総合土砂管理を実現する上で、解決すべき技術的課題を取りまとめた。

3. 総合土砂管理を巡る技術的課題

3.1 技術的課題

総合土砂管理を実現する上で解決する具体的課題を表-1に示す。技術的課題は大別して(1)最適な排砂施設の技術開発に関する課題、(2)効率的な土砂供給方法に関する課題、(3)生物への影響予測・評価および環境改善効果に関する課題、(4)土砂供給により生じる現象の把握と対応の仕組みに関する課題、に分類できる(表-1)。なお、矢作ダムに堆砂する主たる粒径集団は砂であり、土砂供給の対象となる粒径集団も砂が中心である。(1)は、排砂可能量、確実性、経済性、操作性等の視点から最適な排砂施設を検討するものであり、吸引式、土砂バイパス、スルーシング等が選択肢となる。(2)は治水・利水・環境上の観点から河道への過剰な土砂堆積を抑制するための土砂供給方法に関する課題であり、解決に向けてはダムからの排砂に加えて土砂還元の検討も必要である。(3)は土砂供給が生物に及ぼす負の影響を予測・評価し、負の影響が予測される場合にはこれを軽減するための検討を行うものである。また、土砂供給は土砂供給量減少に伴い引き起されている様々な影響を改善する効果が期待で

きることから、この改善効果を明確にすることも含まれる。この詳細については後述する。(4)では、土砂供給を実施した際に想定していなかった課題が発生する可能性を念頭に置き、これをモニタリングする仕組みづくり、モニタリングの結果看過できない状態になった際に速やかに対応する仕組みを構築する課題である。

以上の技術的課題を解決するため、先に述べた「矢作川水系総合土砂管理検討委員会」を設置し課題解決のための議論を行っている他、より詳細かつ専門的検討を行うために、(1)については「装置ワーキンググループ」、(2)、(3)については「河道・環境ワーキンググループ」を設置し議論を深めている。また、(4)については関係者連絡会を設け、関係者との情報交換を行いながら問題点の見落としがないように仕組みづくりを行っているところである。

3.2 生物への影響予測・評価および環境改善効果

(3)の課題は7つの小課題から構成されている(表-1)。この中で①～④は懸念される負の影響に関する課題であり、①、②は土砂供給に伴う河床環境の変化を介した水生生物への影響、③、④は水質を介した生物への影響に関する課題である。⑤～⑦は土砂供給による環境改善効果に関する課題である。⑤は供給した砂が礫床を流下することにより、粘土・シルト等の細粒土砂を多く含み、アユの餌資源として質が低下した付着藻類を剥離・更新してくれる効果を明確にする課題である。⑥は発電ダム領域を中心とし、河床が粗粒化した区間で砂が増加することにより、砂に依存した水生生物が増加する効果を明確にする課題である。⑦は河川領域において、陸域と水域の比高が増大し、陸域における樹林化が進行している状況に鑑み、これを改善する効果を明確にする課題である。

この中で、⑤～⑦は土砂供給により付带的に効果が期待される性質の課題であるのに対し、①～④は負の影響に関する課題であり、総合土砂管理計画の策定に当たっては、影響が顕在化する閾値を明らかにし、これを超えないような土砂供給を行うことが求められる。これらの課題については、河道・環境ワーキングにおいて議論を行っており、(国研)土木研究所自然共生研究センター、水質チームとも連携し、課題解決に向けた取り組みを

表-1 矢作川総合土砂管理を巡る技術的課題

(1)	最適な排砂施設の技術開発に関する課題 —最適な土砂供給を経済的に実現する矢作ダム排砂施設の技術開発—
(2)	効率的な土砂供給方法に関する課題 —河道への土砂を堆積させにくくする効率的な土砂供給方法—
(3)	水生生物への影響予測・評価・影響軽減手法および環境改善効果に関する課題
①	瀬における礫間への砂の充填や砂床化をはじめとした礫床環境の改変に伴う生態系への影響の定量評価と礫の埋没に関する閾値の推定
②	瀬の埋没による瀬構造の変化と生態系への影響の定量評価と瀬埋没閾値の推定
③	土砂供給に伴う水の濁りが水生生物に及ぼす影響の評価と閾値の推定
④	ダムからの排砂が水質に及ぼす影響(溶存酸素濃度の変化)の評価と閾値の推定
⑤	土砂供給による河床のクレンジング効果(礫に付着した藻類やシルトの剥離効果)の評価
⑥	矢作ダム下流区間(発電ダム領域)の礫間砂回復により環境改善効果の評価
⑦	明治用水頭首乙〜乙川合流点区間(河川領域)の二極化および樹林化抑制効果の評価
(4)	土砂供給により生じる可能性のある様々な現象を見落とさず把握し、適切かつ迅速な対応を行う仕組みづくりに関する課題

行っている。

4. 河床環境の保全に向けた土砂管理の検討

4.1 河床への砂堆積の影響の検討

①の砂床化の検討に当たっては、i) 河床への砂堆積を極力軽減する土砂供給方法、そして、ii) 砂堆積が生じた場合においても、アユをはじめとした生物への影響が顕在化しない閾値の設定を行い、これを超えないレベルでの土砂供給を行うことが求められる。

i) については、洪水時の流量低減期に掃流力が低下し、供給した砂が堆積しやすいことを踏まえ、流量低減期に供給すべき土砂量に関する検討を行ってきた。後述するベルトコンベアを用いた実験では、実験対象区間における流送可能土砂量を推定し、この推定値をもとに流量低減期に供給可能な土砂量を設定し、実験により土砂堆積の有無や程度を確認している。ii) については、自然共生研究センターにおける研究成果に基づき、砂が堆積しても礫の露出高を5cm以上確保すればアユの摂餌に対する影響が軽微であると判断し²⁾、この数値を一次設定値として採用した。また、現状の一次元河床変動モデルにおいては、逐次計算の各時間ステップにおいて交換層内の粒度を全て混合することとしており、河床表層への砂堆積、もしくは、河床表層からの砂流出を的確に表現できない。このため、土砂供給時の河床表層での砂の挙動を表現し、砂面高の評価、つまり、露出する礫の高さを推定できるように改良を行い、土砂供給方法の違いによる変化する河床表層の状態を河床変動計算によって予測・評価する試みを行っている。

4.2 ベルトコンベアによる土砂供給実験

「3.1 技術的課題」で述べた(2)河道に堆積させにくい土砂供給方法の具体的検討、そして、(3)①の影響を極力小さくするための具体的検討を目的としてベルトコンベアを用いた土砂供給実験を行った(写真-1)。

4.2.1 実験概要

土砂供給実験は、出水時の矢作ダム下流に位置する矢作第2ダム放流水を利用し、その出水の低減期にベルトコンベアを使い直接土砂を投入することにより実施した。投入場所は河口から73km付近(時瀬河川敷公園)であり、実験用の土砂は



写真-1 ベルトコンベアによる土砂供給状況

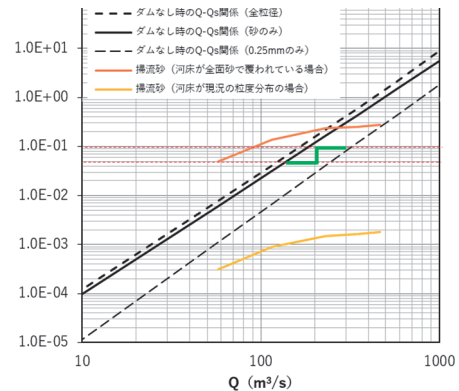


図-2 時瀬河川公園地点における流送可能土砂量(Qs)と流量(Q)との関係

「ダムなし時」は矢作ダムがない状態で推定される土砂流量であり、(全粒径)、(砂のみ)、(0.25mm)は当該粒形集団を対象とした推定値を示す。掃流砂は河床が(全面砂で覆われている場合)と(現況の河床粒度分布の場合)の推定値を示した。設定した土砂供給量(緑色)はダムなし時の全面砂を下回り、かつ、(全面砂)と(現況の粒度分布)の中間に位置することから、当該流量において河床が砂で覆われないと判断した。

矢作川河道や矢作ダムから搬入し、時瀬河川敷公園に集積した。実験では、当該区間の流量に対する流送可能土砂量を幾つかの方法によって試算し(図-2)、これをもとに河床への土砂堆積の可能性はあるが、礫が全て埋没しない流送可能土砂量を設定し、流量が減少し十分な土砂供給が見込めなくなる流量で供給を停止することとした。

実験初年度の平成28年度は、ダムから排砂される土砂として想定される最も細かい粒径のうち、濁水を生じさせる可能性がある細粒分の少ない0.1~0.2mm度の粒径の土砂を供給した。平成29年度は、28年度において当該粒形集団の砂の堆積が認められなかったことから、矢作ダムの堆積土砂を粒度調整せず、河床への堆積可能性がより高い0.2~100mmまでの砂~礫といった幅広い粒径の土砂を供給した。平成29年10月洪水の土砂供給量の時間変化を示す(図-3)。土砂供給は放

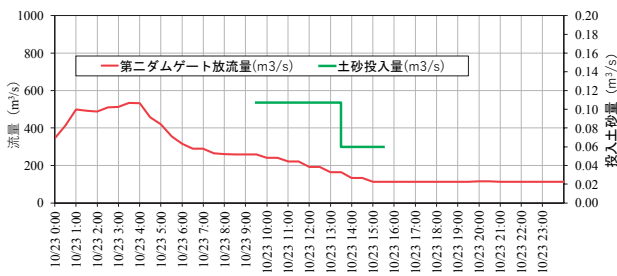


図-3 平成29年10月の流量と土砂供給量

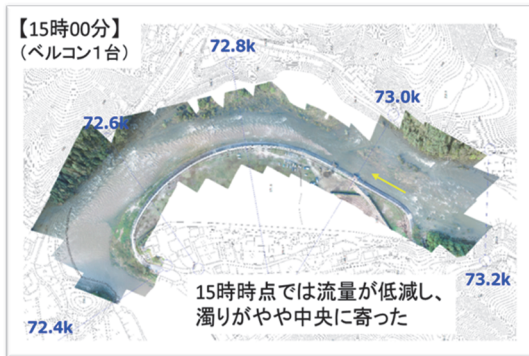


図-4 供給土砂の流下状況

流量が概ね300m³/sから開始し、ベルトコンベア2台を用いて0.11m³/sの土砂を供給した。流量が200m³/sに低下した段階でベルトコンベア1台の運用に切り替え、0.055m³/sの土砂供給量とし、さらに、流量が150m³/sの段階で供給を停止する操作を行った。

4.2.2 実験結果

平成28年度の実験後の河床観測結果からは、投入した土砂は河床に堆積せず、環境への影響も確認できなかった。より粗粒度を供給した平成29年度の実験では、投入した土砂は流下とともに横断方向に拡散し、湾曲部の上流側72.6 kmでは河道のほぼ全域で流下していることが分かった(図-4)。また、実験後の河床観測結果からは、部分的な土砂堆積はあったものの、河道全域への堆積は確認できなかった。以上から、流送可能土砂量と流量との関係に基づく流量低減期の土砂供給量の設定に関する知見は、技術的課題(2)、(3)①の解決に資するものであり、土砂供給の手法も含めた具体的な設定方法に活用できると考えている。

5. おわりに

今後、総合土砂管理計画の第1版を作成し、具体的な土砂供給方法とその流下過程を明確にした土砂管理シナリオを策定する予定である。しかし、本報で示した技術的課題を含め河道および生態系がどのように応答するかは未知な部分が多い。第1版を完成させた後も計画的に実験等を行い、新たな知見を基に第1版を見直して行くことが必要である。また、計画策定に当たっては河川管理者や施設管理者等との合意形成が欠かせないため、総合土砂の必要性と効果の説明が今後の事業展開の鍵であると考えられる。

最後に今回の取り組みにあたり、実験フィールドをご提供いただいている河川管理者である愛知県と実験土砂を提供いただいている矢作ダム管理所及び豊田市矢作川研究所、中部電力など関係者の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 中部地方整備局豊橋河川事務所：矢作川水系総合土砂管理検討委員会資料、2014、2016、2017
- 2) 小野田幸生、堀田大貴、萱場祐一：土砂供給に伴う河床環境変化の評価に向けた露出高による石礫の埋没度の定量化、河川技術論文集、Vol.24、pp.343～348、2018

神本 崇



国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所 事業対策官
Takashi KAMIMOTO

本間一司



国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所 建設監督官
Hitoshi HONMA