

ダム排砂対策における環境水理学的課題

京都大学大学院工学研究科 角 哲也

1. ダム排砂対策の現状

次世代にわたる水資源の持続的管理、あるいは流砂系における総合的な土砂管理を実現するためには、その要となるダム貯水池における適切な土砂管理が不可欠である。伝統的に行われてきた掘削・浚渫などの堆砂排除方策に加えて、近年、黒部川水系宇奈月ダムや出し平ダムにおけるフラッシング排砂、あるいは天竜川水系美和ダムや新宮川水系旭ダムなどにおける排砂バイパスなど、先進的かつ本格的な土砂管理が試みられてきている。

このうちフラッシング排砂は、定期的に貯水位を低下させることによって貯水池の掃流力を限界掃流力以上に回復させ、主に開水路流の状態では堆積土砂を侵食させて、堤体の底部放流設備を通じてダム下流へ放出させるものである。一方、排砂バイパスは、貯水池に流入する土砂量を軽減するため、貯水池の上流に堰などの分派施設を設け、洪水時に土砂を含んだ流水の全部あるいは一部を、一般的にトンネル構造となるバイパス水路に流して貯水池を迂回させるものである。

これらの対策は、今後の貯水池土砂管理の大きな鍵を握るものと考えられるが、例えば、排砂による下流河川への環境影響問題や、排砂ゲートやバイパス水路の摩耗問題など、今後も継続して研究すべき課題も多い。また、最近注目される流砂系の土砂管理の視点からは、従前河道における正常な流下土砂量を評価し、ダム堆砂による影響と排砂を行った場合の影響軽減効果について評価する手法の確立が求められる。

さらには、排砂のしくみを整備することによって、河道や海岸の構成材としての狭義の土砂のみならず、河川を流下するあらゆる物質の循環についても、従前に近い状態に回復させることができる可能性があり、これによる河川や沿岸域の生態系を含む水域環境の健全化に対する貢献を定量的に評価することも極めて意義が高いものと考えられる。

2. 環境水理学的課題

ダム排砂に関する環境影響について、Merle(2000)は表1のように整理している。このうち、日本における現状をも考慮して、ダム排砂における環境水理学的課題を次のように整理してみたい。

排砂に伴う環境影響 (Negative impacts) の評価手法と軽減策の確立

イ) 堆積土砂(特に有機質を多く含む微細土砂)の排出に伴う水質変化と生態系への影響

フラッシング排砂は貯水池内に堆積していた大量の土砂や浮遊成分を下流に排出し高濃度の濁水を発生させることから、下流域の植物相や動物相へ無視できない影響をもたらす可能性がある。主要な水質変化がSS上昇とDO低下であることが既に明らかとなっており(図1)、出し平ダムの排砂操作においても同様の傾向がモニタリングされている(図2、小久保(2000))。そこで、これらに対する影響を的確に予測し、その影響を最小化するための手法の確立が求められる。

この課題については、スイス(Staub(2000))やフランス(Merle(2000))において主に魚類に対する影響に着目した多くの知見が得られており、角(1997,1998)や木下ら(2001,2002)の研究も同様

表1 ダム排砂に関する環境影響 (Merle)

生態系の構成要素	影響の種類	影響を受ける区域	期間
河床の地形	● 基盤の変形	直下流	中程度の期間から長期間
水質	● 動物相に対する有毒性 ● 浮遊物による取水口の日詰まり ● 灌漑や飲料水としての問題	直下流 直下流, 場合によっては遠距離まで 直下流, 場合によっては遠距離まで	短期間 短期間 短期間
水生植物	● 藻類の微小植物: 磨耗による剥離 ● 固定した水生植物: 堆積物に覆われる	直下流 遠くの下流	短期間 (短期間の発生サイクル) 中程度の期間
底生無脊椎動物	● 浮遊して流されることによる直接的な物理的影響 ● 栄養素の蓄積や生息地が変化することによる間接的な影響	直下流 直下流	短期間 中程度の期間から長期間
魚 - 産卵場 - 稚魚 - 生息構造	● 日詰まり ● 浮遊して流される ● 幼魚や成魚の下流への移動	直下流	中程度の期間

である。一方、ダム排砂時の水質変化予測手法の開発を試みた事例としては、SS 上昇に関する Bouchard(2000)の研究や DO 変化に関する片岡ら(2001)による研究などがあげられる。

影響軽減方策としては、降雨や融雪による自然出水に合わせて排砂を実施して SS 上昇を抑制することや、DO 低下の原因となるような有機質を多く含む微細土砂を長期間貯め込まないように務めることなどが提案されており、スイス・フランスや黒部川の排砂計画に反映されている。

口) 排砂時の微細土砂の堆積 (河道・河口・沿岸域) による生態系への影響

フラッシング排砂による水質変化と同様に、微細土砂が河道・河口・沿岸域に堆積して物理環境に変化をもたらすことが考えられ、これらによる影響を予測し、その影響を最小化するための手法の確立が求められる。

この課題については、下流域のどのような場所に、どの程度堆積し、また、これらの堆積物が生態系に対していかなる影響を及ぼすのかを予測するのは現状では難しい問題である。しかしながら、例えば微細土砂の河道内への堆積が、底生昆虫の生息空間や魚類の産卵床を減少させたり、礫上の付着藻類の生育に影響を

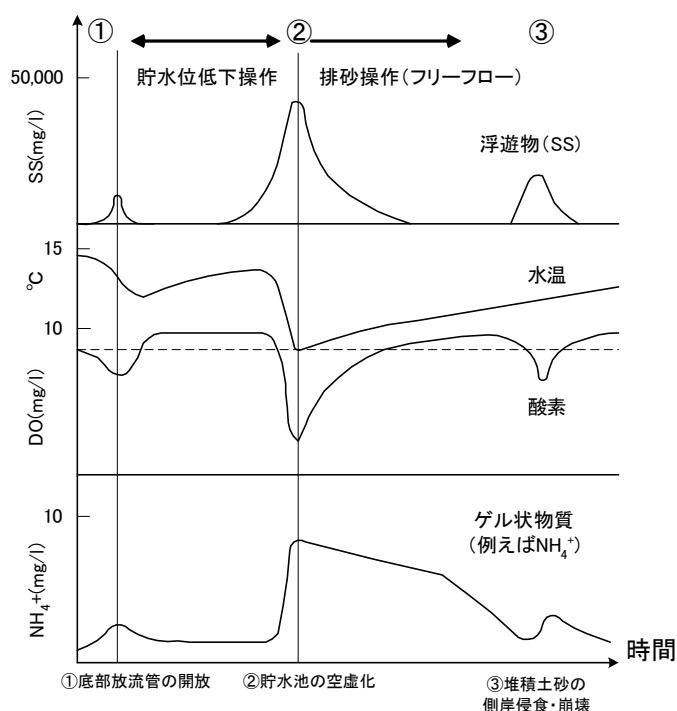


図1 ダム排砂時の水質変化 (模式図)

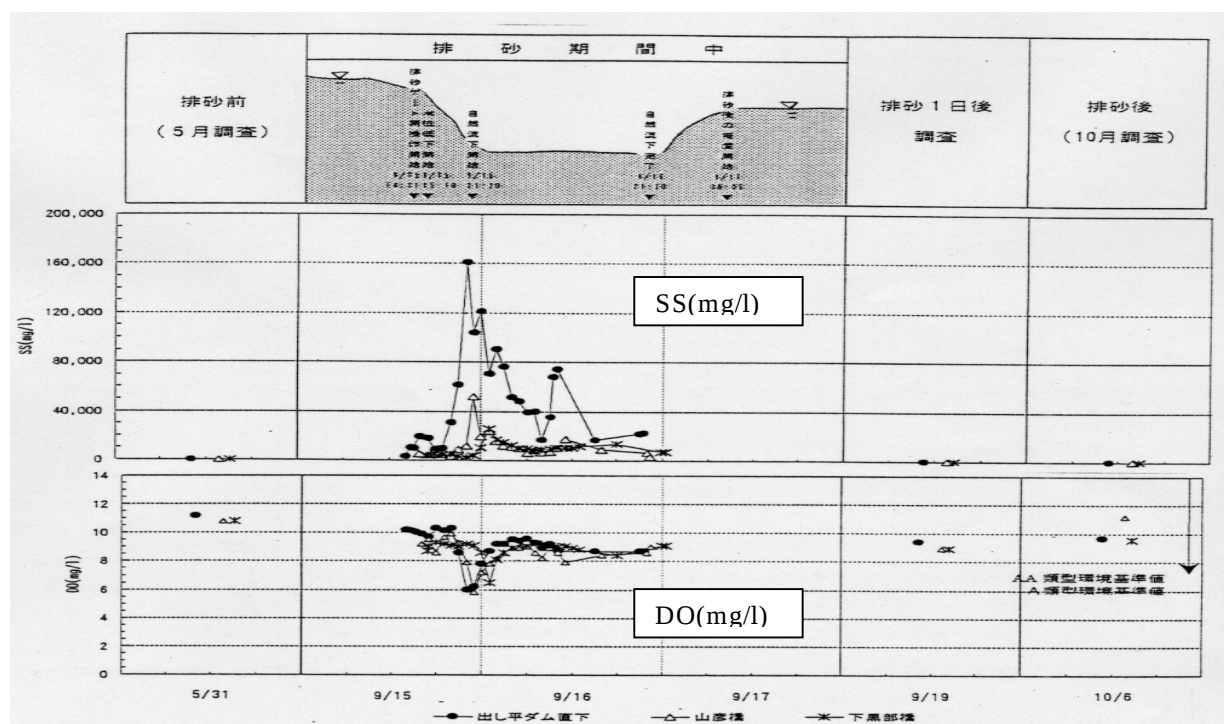


図2 黒部川出し平ダム排砂時の水質変化 (H11)(小久保(2000))

及ぼしたりする可能性がある。そこで、これらを軽減するために排砂後に清水によるすすぎ放流を行うことが必要とされ (Staub(2000), 角(2000))、黒部川の排砂操作においても導入されている。しかしながら、必要とされる流量や継続時間などの考え方について確立されたものは無く、経験的なものに頼っているのが現状である。

健全な自然流砂系 (物質循環系) に対する排砂効果 (Positive impacts) の評価手法の確立 (ダムによる捕捉と排砂による捕捉率低減効果)

上記に示した、排砂による Negative impacts に対して、逆に土砂排出がもたらす Positive impacts についても正当に評価することが重要である。

近年の「流砂系の総合的な土砂管理」の視点により、排砂による土砂供給によって河道の河床低下や海岸侵食の防止などの物理的な影響を緩和することが想定されるが、さらに一歩進んで、土砂と同時にダムに堆積する N, P などの栄養塩やその他の物質が下流の河川や海域に対して本来有していたさまざまな機能を回復させる効果についても目を向ける必要がある。

こうした効果を定量的に評価できれば、今以上に、ダムから土砂を出すことの意義が高まり、例えば、「堆砂で非常に困っているダム」だけではなく、「当面、ダム自体の寿命の観点からは緊急性はなくても、下流からの要請として、何らかの量の土砂排出を行う必要があるダム」についても、排砂 (場合によっては、貯水池内の堆砂の掘削・浚渫を行って、ダム下流に置土する場合も想定される) を進めていく動機付けとなる可能性がある。

そこで、ダム堆砂・排砂において想定される対象物質を列举すると次のようになる。

- 土砂 (河床・海岸構成材) の視点: 掃流砂, 浮遊砂, ウォッシュロード
- 無機元素 (生態系構成材) の視点: 多数 (例えば, シリカ)

- 栄養塩類（生態系栄養源）の視点： N, P
- 有機物の視点（生態系栄養源）： 落葉，デトリタス（強熱減量で評価されるもの）

3. 具体的検討項目

上記の各課題ごとに想定される具体的検討項目を以下に列挙する。

- イ）排砂による水質変化

- 堆積土砂の性質とその経年変化 ,および排砂時の水質変化に対するモニタリング手法の開発
- 堆積土砂の性質と排砂時の水質変化予測手法（SS 上昇・DO 低下など）の開発
- 排砂時の水質変化と生態系への影響予測手法の開発
- 水質変化による生態系への影響を最小化するための排砂操作手法の開発

- ロ）排砂による微細土砂の堆積

- 排砂時の微細土砂堆積(河道・河口・沿岸域)に対するモニタリング手法の開発
- 排砂時の下流域(河道・河口・沿岸域)における微細土砂の挙動予測手法の開発
- 排砂時の微細土砂堆積による生態系への影響予測手法の開発
- 微細土砂の堆積を緩和するためのすすぎ放流操作手法の開発

排砂による物質循環の回復評価

- 流入河川，通常時放流水，排砂時放流水に含まれる各種物質のモニタリング手法の開発
微細土砂濃度（無機，有機），栄養塩（N，P），炭素，鉄分，シリカ，その他
- 従前河道 / ダム貯留河道 / ダム排砂河道の各シナリオによる物質循環の定量評価

参考文献

- 1)Merle G.(2000) : Some Environmental Aspects of Flushing, 貯水池土砂管理国際シンポジウム・ワークショップ論文集，pp. 195-202, 2000
- 2)小久保鉄也(2000) : 出し平ダムの排砂実績と黒部川の土砂流送に与える影響，貯水池土砂管理国際シンポジウム・ワークショップ論文集，pp. 99-115, 2000
- 3)Staub E.(2000) : Effects of Sediment Flushing on Fish and Invertebrates in Swiss Alpine Rivers, 貯水池土砂管理国際シンポジウム・ワークショップ論文集，pp. 185-194, 2000
- 4)角 哲也：ダム貯水池からの排砂と排砂時の放流水質管理，ダム技術 No.127, pp. 30-38, 1997
- 5)村岡敬子，角 哲也：高濃度の濁りがアユに与える影響について，土木学会関東支部年次学術講演概要集，pp. 1048-1049, 1998
- 6)木下篤彦，水山高久，藤田正治，澤田豊明，吉清守：ヒル谷における人為的排砂のイワナへのインパクト，河川技術に関する論文集，Vol.7, pp. 363-368, 2001
- 7)木下篤彦，藤田正治，水山高久，澤田豊明：イワナによる濁度の影響評価法，平成 14 年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 236-237, 2002
- 8) Bouchard J-P.(2000): Optimization of Flushing Conditions; Forecasting of Efficiency and Impact, 貯水池土砂管理国際シンポジウム・ワークショップ論文集，pp. 169-176, 2000
- 9)片岡幸毅，加藤雅広，南修平，森涼子，劉炳義：ダム排砂に伴う DO 変化に関する数値モデル，水工学論文集第 45 巻，pp. 1195-1200, 2001