

# 人工的に供給された土砂の下流への伝播特性

京都大学大学院 ○南修平 (柊ニュージェック)

京都大学防災研究所 竹林洋史

京都大学防災研究所 藤田正治

## 1. はじめに

置土やダム排砂といった対策が河川技術として十分確立するためには、土砂供給による下流の応答特性を明らかにすることが大きな課題である。このような課題を議論していくためには、供給された土砂が下流河川において、どのような河床変化をもたらし、どの程度、流砂を回復させるかといった物理環境の変化に関する情報が重要である。本稿ではダム排砂に着目し、様々な単純化された河道の物理条件や土砂供給条件のもとで、河床や流砂変化等の物理環境変化の基本特性を河床変動シミュレーションモデルにより検討する。

## 2. 計算の概要と条件

### 2.1 計算の概要

計算は土砂供給地点より下流を対象とし、その河幅と初期河床勾配は、流下方向に一定として数通り設定する。また、初期河床材料は典型的な分布形を与え、流量は一定値で与える。供給する土砂量と時間は黒部川の排砂実績<sup>1)</sup>を参考に設定するが、給砂の粒径は、土砂の流送特性の基礎情報を得る目的で一様砂とする。このような計算により、供給された土砂が、その粒径や河道条件の相違によって、どのように下流河川で流送され、河床や流砂に如何なる影響を与えるかについて検討する。

### 2.2 計算モデル

用いた計算モデルは、掃流砂、浮遊砂を対象とした一次元混合砂河床変動モデルである。掃流砂量は芦田・道上式、浮遊砂量は、粒子の浮上と沈降を考慮した一次元移流拡散方程式により解析する。これらの詳細は参考文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

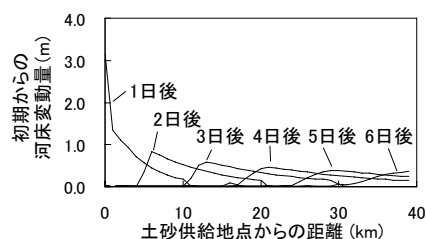
### 2.3 計算条件

供給された土砂の流送状況を広範に把握するため、対象領域は土砂供給地点より下流40kmとする。初期河床勾配は1/100と1/200の2通り、河幅は50m, 100m, 200mの3通りとする。断面形状は矩形とし、計算断面間距離は200mとする。また、粗度係数は0.045として、下流端水位はその地点の河床勾配に基づき、等流計算によって算定する。設定した河床勾配、河幅、また以下に述べる供給土砂の粒度をパラメータとして、表-1に示すとおりの計算ケースを設定する。

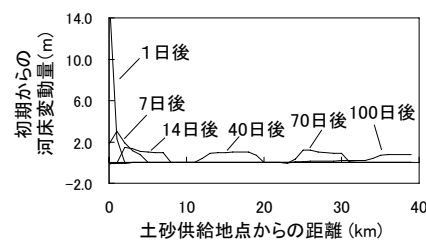
各ケースとも、1サイクルを120日間とし200m<sup>3</sup>/sの一定流量で、計30サイクルの計算を行う。河床材料は黒部川の実測値より361.2, 118.3, 37.42, 11.83, 3.74, 1.18, 0.37mmの7つの代表粒径に分ける。初期の河床材料粒度分布は、粗粒化している河川の典型的な分布形であるタルボット型<sup>3)</sup>で与えるが、初期の粒度分布は、流量200m<sup>3</sup>/sが流下しても河床材料は移動しないように設定する。給砂は各サイクルの最初の24時間のみ上流

表-1 計算ケース

| 供給土砂の粒径                                            | 初期河床勾配 | 河幅 (m) | 初期河床材料のタルボット数 <sup>3)</sup> | 初期河床材料の平均粒径 (cm) |
|----------------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------|------------------|
| 37.42mm, 11.83mm, 3.74mm, 1.18mm, 0.37mmの5通りを供給する。 | 1/100  | 50     | 6                           | 20.7             |
|                                                    |        | 100    | 3                           | 14.0             |
|                                                    |        | 200    | 2                           | 10.5             |
|                                                    | 1/200  | 50     | 3                           | 14.0             |
|                                                    |        | 100    | 1.5                         | 8.5              |
|                                                    |        | 200    | 1.2                         | 7.0              |



(a) 給砂粒径 0.37mm



(b) 給砂粒径 37.42mm

図-1 1 サイクル目における土砂供給日からの河床変動量縦断分布 (河幅 50m, 勾配 1/100)

端で行う。給砂量は、過去の出し平ダムの排砂量実績<sup>1)</sup>に基づき流量の1%の体積濃度で与える。供給する粒径は、7つの代表粒径のうち下流河川の移動限界を考慮して、細粒分の5粒径をそれぞれ一様砂で与える。

## 3. 土砂供給による物理環境の応答特性

### 3.1 土砂供給による河床変化特性

図1に、河幅が50m、河床勾配が1/100、給砂粒径が0.37mmと37.42mmのケースについて、土砂供給日からの経過日数毎に河床変動量の縦断分布を示す。給砂粒径0.37mmの結果によると、土砂供給1日後に0~10kmの区間で河床変動が大きい、その後、河床変動は波状に伝播し、概ね6日後に河床変動の最大値が40km付近にまで到達する。一方、給砂粒径37.42mmの結果によると、河床変動は波状に下流へ伝播するが、その伝播速度は遅く、40km付近まで流下するためには100日程度が必要となる。この結果より、パルス状に供給された土砂によって、下流河道の河床高は波状に変化する。しかし、給砂粒径が粗くなると、細かい場合と異なり、土砂の流下速度が遅くなる。

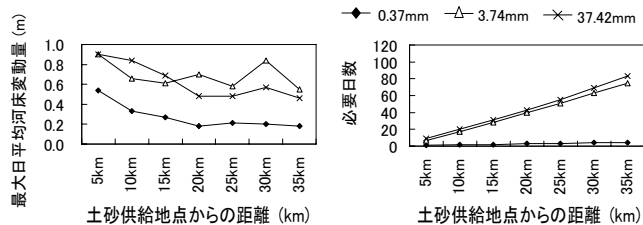


図-2 1 サイクル目における最大日平均河床変動量と土砂供給日を基準とした最大日平均河床変動量が発生するまでの必要日数(河幅 50m, 勾配 1/100)

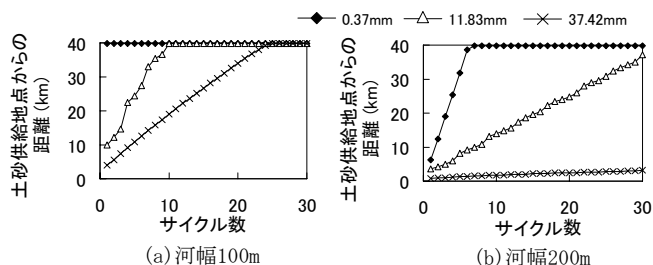


図-3 供給土砂が各地点を流下するために必要なサイクル数 (勾配1/200)

### 3. 2河床変動の伝播特性

波状に変化する河床の伝播特性を明らかにするため、最大の日平均河床変動量と土砂供給日からの最大日河床変動量が発生するまでの必要日数を各地点について調べた。図-2に、河幅は50m, 初期河床勾配は1/100, 給砂粒径はそれぞれ37.42mm, 3.74mm, 0.37mmの場合について、最大日河床変動量と上述の必要日数を1サイクル目について整理した。給砂粒径が小さければ、パルス状に供給された土砂は、小さな河床変動を伴って速やかに下流へと流下するが、給砂粒径が粗くなると大きな河床変動を伴いながら時間をかけて流下する。

### 3. 3供給土砂量の長期伝播特性

図-3に、河床勾配1/200について、供給された土砂が各地点を流下するために必要なサイクル数を給砂粒径別、河幅別に示す。なお、ここでは各地点の累加通過土砂量がXサイクル間の累加供給土砂量( $Q_s(X)$ )の50%の量となるまでに必要なサイクル数を示している。河床の付着性藻類の強制剥離に関する室内実験結果<sup>4)</sup>によれば、5-15mmの粒径の礫が剥離に有効であることが示されている。この知見より本計算結果のうち11.83mmの粒径に着目した。土砂の流下が遅い河床勾配1/200, 河幅200mのケースでは、例えば5km流下するためには3サイクルの期間が必要となる。どの程度の土砂量が剥離更新に必要なについては別途検討が必要であるが、河道や剥離条件によっては土砂供給による剥離効果が広い領域で現れるためには、比較的長期間を要することになる。

### 3. 4短期的な流砂変化特性

環境面で有効な供給量を決めるためには生態系としてどのような攪乱が必要であるかという知見が必要であるが、ここでは、どのような攪乱が与えられているのかということを短期的な流砂変化特性から検討する。

図-4は、給砂粒径0.37mmと37.42mmのケースに関して、河床勾配1/100と1/200, 河幅50mと200mにおける流砂量

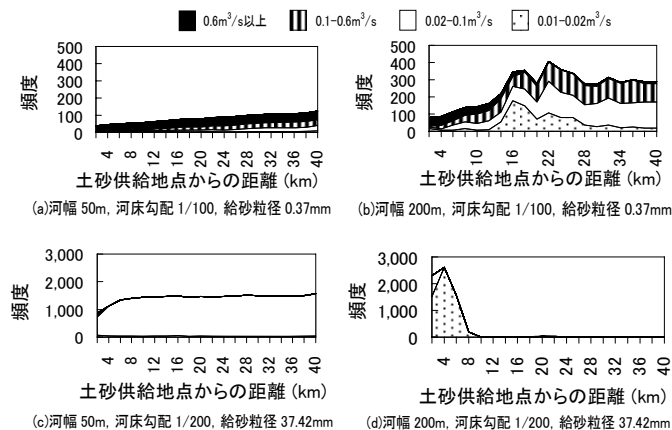


図-4 1サイクル平均の流砂量発生頻度の河床縦断分布

の発生頻度の河床縦断分布を示したものである。ここに、流砂量の発生頻度は1サイクルあたりの平均値で示した。給砂粒径が細かい場合、大きな流砂量の発生頻度は高く、全領域で供給土砂の影響を直接的に受け易い。しかし、供給土砂が粗い場合には、水理・地形的条件が流砂特性に大きな影響を及ぼし、供給土砂と下流で流送される流砂波形が大きく異なるようになり、微小な流砂量の発生頻度が高くなる。

### 4. まとめ

ダム排砂を対象に単純な河道及び土砂供給条件を設定し、土砂供給地点より下流の物理環境応答特性を検討した。得られた成果を以下にまとめる。

- (1) パルス状に供給された土砂によって、下流河道の河床高は波状に変化する。給砂粒径と地形条件によって、これらの変化特性が大きく異なる。
- (2) 給砂粒径が細かければ、パルス状に供給された土砂は、小さな河床変動を伴って速やかに下流へと流下する。しかし、給砂粒径が粗くなると大きな河床変動を伴いながら時間をかけて流下する。
- (3) 付着性藻類の強制剥離効果が期待される11.83mmの粒径は、それが5km流下するために、地形条件によっては、数サイクルの土砂供給と水量が必要である。このような時間差を考慮した土砂供給が必要である。
- (4) 給砂粒径が細かい場合、大きな流砂量の発生頻度は高く、全領域で供給土砂の影響を直接的に受け易い。しかし、供給土砂が粗い場合には、水理・地形的条件が流砂特性に大きな影響を及ぼし、微小な流砂量の発生頻度が高くなる。

#### 【参考文献】

- 1) 角 哲也, 金澤裕勝: 黒部川のフラッシング排砂における環境調査, 大ダム, 197, p.121-135, 2006
- 2) Jian Liu, Shuhei Minami, Hideki Otsuki, Bingi Liu, Kazuo Ashida: Environmental Impacts of Coordinated Sediment Flushing, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol. 42, No. 5, pp. 461-472, 2004
- 3) Muhammad Sulaiman, Daizo Tsutsumi and Masaharu Fujita: Porosity of Sediment Mixtures with Different Type of Grain Size Distribution, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 51, p. 133-138, 2007
- 4) 赤松良久, 井上麻衣, 池田駿介: フラッシュ放流によるダム下流の河床付着性藻類の強制剥離に関する研究, 河川技術論文集, 第14巻, p. 425-430, 2008