

構成地質の異なる流域における河床材料の摩耗・破碎とそれが流下に伴う細粒化に及ぼす影響

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 五島暢太, 正会員 ○田代 喬, フェロー 辻本哲郎

1. はじめに

河川の流下に伴う材料の細粒化は良く知られた現象である。Frings¹⁾はその要因として磨耗・破碎、選択的輸送、土砂の添加/除去を挙げ、沖積河川での磨耗による影響は小さいとしている。主に沖積河川を扱ってきた河川工学において、磨耗・破碎に関する研究が少ないことは自明であるが、山地河道等ではその影響を無視し得ないことが古くから指摘されてきた^{1), 2)}。磨耗・破碎特性は、材料サイズや形状だけでなく、岩石種や風化の状態、衝突の際の条件によって異なる¹⁾。本研究では、表層地質を岩石種と同義に捉え、異なる地質から産出される材料の磨耗・破碎特性を明らかにし、それが流下に伴う細粒化に及ぼす影響を考察する。

2. 材料と方法

2.1 現地調査

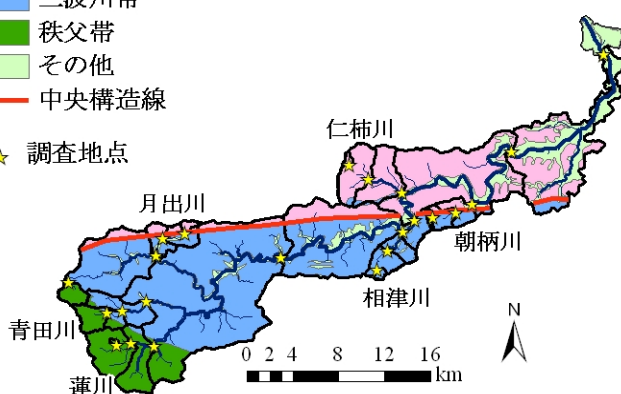
対象河川は、三重県松阪市を流れる一級河川・櫛田川(幹線流路延長: 87km, 流域面積: 436km²)である。中央構造線に沿って東西に細長く広がった流域を呈し、異なる次の3つの地質帯を含み(図1参照)、領家帯は火成岩、三波川帯は変成岩、秩父帯は堆積岩で構成される。

田代ら³⁾は図1の調査地点において、河道特性に関す

地質区分

- 領家帯
- 三波川帯
- 秩父帯
- その他
- 中央構造線

★ 調査地点

図1 対象河川の概要図(田代ら³⁾を引用)

る調査とともに、瀬を構成するこぶし~人頭大の石と淵に堆積した砂礫の定量採取を行い、その粒度特性を勾配・地質構成と関連付けて考察した。本研究では、できるだけ均質な材料を用いて磨耗・破碎作用を検証するため、田代ら³⁾の試料のうち、領家帯の仁柿川、三波川帯の相津川、秩父帯の蓮川といった単相地質区分によって構成される支川のそれを抽出した。

2.2 磨耗・破碎試験

試料は有機物を取り除いた後、こぶし大~人頭大の石と砂礫の重量比が概ね半々となるよう調整し、小玉⁴⁾や Parker⁵⁾を参考にコンクリートミキサーにより磨耗・破碎試験に供した(180min, N=2)。定めた測定間隔でふるいわけ試験を行いながら粒度構成の時間変化を観察した。結果の整理は井口・目崎⁶⁾にしたがい、いくつかの対数正規分布集団に分離できるとして、各集団の平均値・標準偏差やその構成比の変化を記述した。ここでの粒径表記は、材料粒径 D (mm)を用いた以下の式³⁾によっており、礫集団: $\phi = -1 \sim -4$, 粗砂集団: $\phi = 0$ 前後, 細砂集団: $\phi = 1$ 以下に相当する。

$$\phi = -\log_2 D \quad (1)$$

2.3 粒度構成変化の推定

実河川における磨耗・破碎作用による粒度構成変化を推定するため、2.2における回転数×ドラム円周=移動相当距離とした説明変数により、各集団の構成比変化を関数で近似した。そのうえで、磨耗・破碎による流下に伴う細粒化推定の0次モデルを次のように構築した。まず、流下過程を5つのzoneに分け、初期状態では一様な粒度構成を呈し、単位時間の流下によってzone内の砂礫の半分が下流の隣接zoneに移動するものとする。この際、磨耗・破碎によって流下砂礫の粒度は変化し、到達したzoneの残留砂礫と完全混合すると仮定すれば、各zoneの粒度構成が変化する。これを繰り返して得られる各集団の構成比と試験で定めた集団特性により、粒度分布を推定可能となる。なお、ここでの各zoneの区間距離は2kmで、これは180minの試験における移動相当距離と等しい。

キーワード: 磨耗・破碎作用, 河床材料, 粒度構成, 表層地質

連絡先: 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻, TEL: 052-789-4628, FAX: 052-789-3727

3. 結果と考察

磨耗・破碎試験の結果として得られた粒度構成変化について、対数正規分布を呈する粒径集団への分離を行った結果の一例を図2に示す。図より、各粒径集団の特徴として、次のことが確認された。すなわち、石集団は減少傾向を示すがその変化は小さく、領家帯で特に顕著であった。礫集団は指数関数的に減少したが、秩父帯で残存する傾向がみられた。粗砂集団について、領家帯の平均粒径($\phi=1.05$)は他の地質帯のそれ($\phi=0.3\sim0.6$)に比べて小さかった。細砂集団は、集団特性において地質帯による顕著な差は無かったが、全ケースで構成比は線形的に増加した。試験時間や使用材料が限定された条件ながら、地質構成が材料の形態、強度などの差異を介して、磨耗・破碎特性に大きな影響を及ぼすことが示された。

ところで、以上の結果を踏まえると、石集団は変化しないとする一方、構成比の減少傾向を示した礫集団、細砂集団は、それぞれ指数関数、一次関数で近似でき、残る粗砂集団は中途生成物的な位置づけとして、他の集団の構成比から算出できるものと考えられる。この考えを前記の0次モデルに適用した。初期条件として、全zoneに礫集団のみを与え、最上流のzone1はその流下方向への供給源として位置づけて、各zoneの粒度に差異が生じるまで(単位時間×4回)、試算を繰り返した。こうして得られた結果を図3に示す。地質による違いとして、領家帯は細かく、秩父帯は粗く、各zone間の違いが小さいことから、流下方向に変化しにくい傾向がみられた。

4. おわりに

本研究では、構成地質の異なる流域における河床材料の磨耗・破碎について、コンクリートミキサーを使用した室内試験により記述した。結果的に、地質構成が材料の形態、強度などの差異を介して、磨耗・破碎特性に大

きな影響を及ぼすことが示された。さらに、流下に伴う河床材料の細粒化についても、試験結果を代表粒径集団の構成比変化と捉え、その時間変化を関数近似することで地質構成の異なる河床材料構成の特徴を相対的に記述しえた。今後の課題としては、試験における材料の磨耗・破碎を実際の現象とどのように対応付けるのかが挙げられる。また、今回使用した0次モデルは、粒度構成推定のためのモデル開発の端緒に位置づけられるため、水量や地形条件を加味し、分級作用を考慮したモデル化を目指す予定である。

参考文献

- 1) Frings (2008): *Earth-Science Reviews* 87: 39-60.
- 2) 小玉, 池田, 伊勢屋 (1989): 筑大水利センター報 13: 13-25.
- 3) 田代, 登立, 辻本 (2008): 河技論 14: 121-126.
- 4) 小玉 (1990): 筑大水利センター報 14: 115-130.
- 5) Parker (1991): *JHE* 117(2): 131-149.
- 6) 井口, 目崎 (1974): 地理学評論 47(9): 545-554.

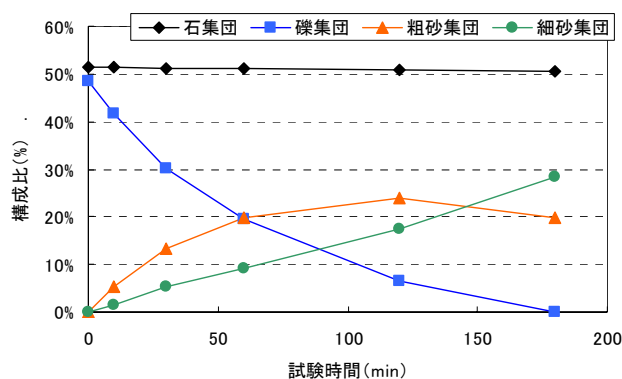


図2 磨耗・破碎により変化する各集団の構成比(領家帯仁柿川)

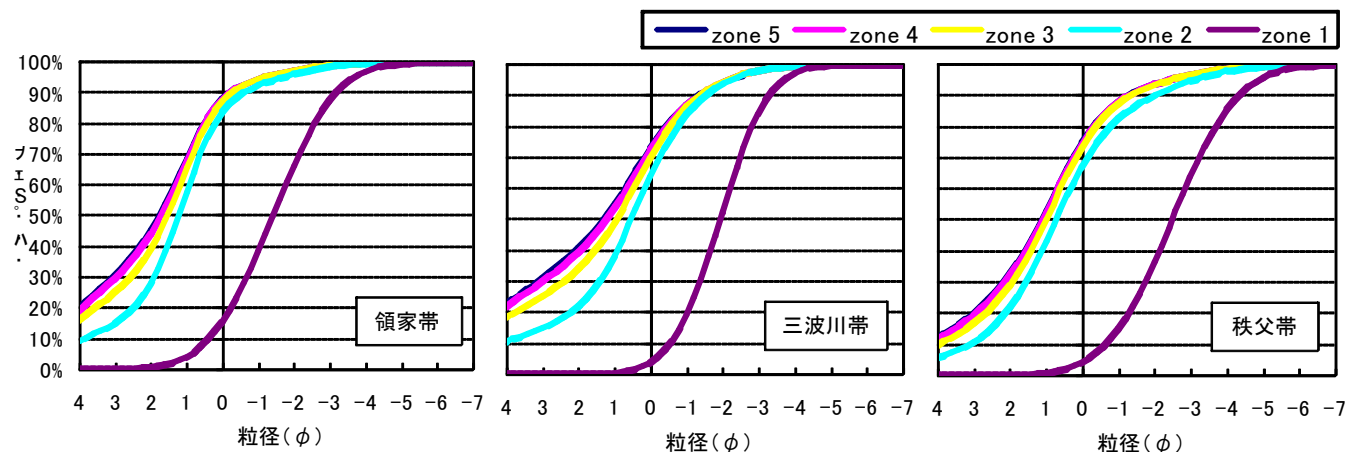


図3 モデルによる粒度構成の推定