

粗粒化した河川において、水生生物に影響を及ぼす

小粒径の粒度分布調査法について

(株) エイト日本技術開発 坂田良介

1. はじめに

ダム河川において河川の分断によって流砂量が変化し、ダム下流河川の河床材料が粗粒化することで、河川生態系に変化を及ぼす問題が指摘されている¹⁾。

小粒径成分の移動土砂は、付着藻類の更新や水生昆虫の多様性の維持に重要と考えられており²⁾³⁾、河床材料の粒度分布を正確に把握することが重要になってきている。

しかしながら山本⁴⁾によれば、河床材料粒度分布調査の表層サンプリング法(面積格子法、線格子法)において変動率Kが0.5であるとき、誤差として粒径の5%以下を許す場合に必要なサンプリング数は400個以上と作業上現実的でない個数となる。同論文を踏まえると、山地河川において昆虫に影響を及ぼすような数%の小礫成分と、河床の構造と密接に関わる巨礫成分を単一の表層サンプリング法で正しく表現するのは調査精度上困難である。

上記を踏まえ、巨礫成分を評価するための巨視的な河床材料粒度分布調査と、水生生物に影響を及ぼす小礫成分を評価するための微視的な河床材料粒度分布調査を合成することによって、それらを同時に表現する河床材料粒度分布図の作成を試みる。これにより、物理環境と生物相が出水による攪乱を受けることを考慮することが可能になり、巨礫成分と小礫成分の割合を感覚的に理解することが可能であると考える。また、各河床材料粒度分布調査法を実施・比較し、より精度の高い合成結果を得ることを試みる。

2. 調査方法

本研究では、二瀬ダム下流の延長およそ150mの直線的な瀬において、下記の4つの粒度分布調査法を実施し比較を行った。

- a)巨視的な写真測定法による線格子法(MaPL) n=90
- b)巨視的な写真測定法による面積格子法(MaPA) n=77
- c)微視的な写真測定法による面積格子法(MiPA) n=100
- d)微視的な容積採取法(MiSV) n: 乾燥重量で約1kg

省略記号は、Ma:巨視的な調査法、Mi:微視的な調査法、S:実河川におけるサンプリング、P:写真による解析、L:線格子法、A:面積格子法、V:容積採取法、と定義する。

巨視的な調査法は、河床の最大粒径までの大きさの河床

材料を対象とした調査である。微視的な調査法は、最大粒径程度の巨礫の背後に堆積している小粒径成分を対象とした調査であり、本研究で対象となった最大粒径は40mm程度である。

3. 粒度分布の合成方法

巨視的な粒度分布調査と微視的な粒度分布調査をそれぞれ一つずつ組み合わせて、河床材料の骨格成分と細礫成分を同時に表現する河床材料粒度分布を作成した。現地にて代表的な10m四方の範囲を3つ選定し、巨礫の表面的な存在面積と細礫成分の表面的な存在面積を標尺によって測定し、それぞれの存在割合を算出して平均値を得た。微視的な粒度分布には細礫成分の存在割合を掛けて、巨視的な粒度分布の下位(細礫成分の存在割合の範囲)に合成して補完した。

このとき、Kellerhals⁵⁾によれば、河床材料が鉛直方向に均一に堆積しているのであれば、線格子法や面積格子法の個数密度で累加した粒度分布と容積採取法の重量密度で累加した粒度分布は一致するため、合成する際にはMaSL, MaPL, MaPA, MiPAは個数密度、MiSVは重量密度でそれぞれ累加した粒度分布を使用し、この理論上正しく粒度分布図を表現した。

4. 調査結果

(1)巨視的な粒度分布の比較

図-1aは巨視的な粒度分布調査によって得られた粒度分布を示したものである。MaPLは2m間隔の9測線に分けて1測線あたり平均10個のサンプルを調査した。それらの結果も示した。MaPLとMaPAでは得られる結果に大きな差はなかった。原理的にこれらの調査方法に精度上に大きな差はないので調査範囲によって適宜選択する必要がある。

(2)微視的な粒度分布の比較

図-1bは微視的な粒度分布調査によって得られた粒度分布を示したものである。MiPAとMiSVでは得られる結果に大きな差が見られた。MiPAはMiSVに比べて約10mm以上の礫径が少なく表現される傾向があり、MiSVはMiPAに比べて5mm以下の礫径が多く表現される傾向にある。

これは、MiPA と MiSV の鉛直方向の調査範囲の違いによるものだと考えられる。MiPA は河床表面の礫をサンプリングしているが、MiSV は河床の堆積した礫全てを採取するという違いが分布に影響を与えていると考えられる。

MiPA によって得られる粒度分布は純粋な河床表面だけを対象としているという利点がある。しかし、径の大きな礫の表面が小礫によって隠されることで、径の大きな礫径が MiSV に比べて過小に評価されるという欠点がある。一方、MiSV はポケット内の礫を実際に採取する方法であるためサンプリング出来る礫粒子数が多く、またふるい分け法は、画像解析法と比較して、単純かつ信頼度の高い方法のため調査精度は高いと考えられる。しかし、MiSV によって得られる粒度分布は河床表面だけでなく、堆積している礫の鉛直分布に影響を受けてしまう問題がある。

(3)合成前後の粒度分布の比較

図-1c は合成して得られた粒度分布を示したものである。巨視的な合成材料には MaPA を使用し、MiPA と MiSV のそれぞれと合成を行った。また、合成を行わない通常の河床粒度分布調査として MaPA を示した。合成においては MiPA と MiSV はそれぞれ P1 から P3 の3か所の巨礫背後に堆積した小粒礫群の調査データを平均した粒度分布を使用した。ここで、平均的に巨礫の存在率は 92.5%、細礫成分の存在率は 7.5%である。

合成後の粒度分布は、どちらも小粒径成分のデータ密度が大きく向上した。巨視的な粒度分布と微視的な粒度分布を合成することにより、最低限の調査コストで河床構造の骨格である大粒径と河川生態形に影響を及ぼし得る小粒径を捉える事が可能となった。合成に微視的な粒度分布のどちらを使うかについては、精度上は MiSV が良さそうであるが、水中の生物相に影響を与える河床材料を調べるという観点においては、MiPA を使うことが良いと考えられる。

また、画像解析法による粒度分布調査法では、解像度の不足により微小粒径を捕捉しづらいため調査したい最小粒度に合わせて解像度と撮影範囲を設定することが重要である。また、合成に際して盲点となる粒径の範囲がないように、それぞれの調査で捕捉できる粒径の範囲を把握することが重要である。

謝辞：本研究にあたり、埼玉大学大学院教授 田中規夫先生に多大なるご指導を頂いた。ここに記して謝意を示す。研究実施において関東地方整備局二瀬ダム管理所の協力を得た。ここに記して謝意を示す。

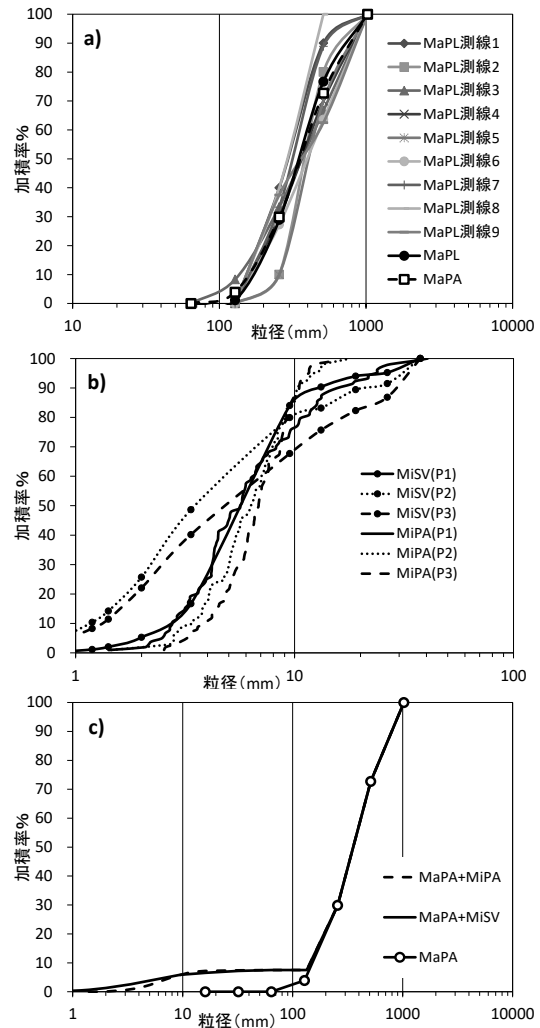


図-1 a)巨視的な調査法で得られた粒度分布の比較, b)微視的な調査法で得られた粒度分布の比較, c)合成前と合成後の粒度分布の比較,省略記号の定義は2章に記載。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方—下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて、国土技術政策総合研究所資料第521号, 2009.
- 2) 田代喬, 渡邊慎多郎, 辻本哲郎：掃流砂礫による付着藻類の剥離効果算定に基づいた河床攪乱作用の評価について, 水工学論文集, 47, pp.1063-1068, 2003.
- 3) 田中規夫, 古里栄一：ダム下流礫床河川における水生昆虫動態と小型河床材料移動性の人為的土砂供給前後の変化, 土木学会論文集 B1(水工学), 70 巻 4 号, I_1327-I_1332, 2014.
- 4) 山本晃一：礫河床のサンプリングと統計的処理, 土建技術資料, Vol.13, No.7, pp.40-44, 1971.
- 5) Kellerhals and Bray : Sampling Procedure for Coarse Fluvial Sediments, J. of Hydraulic iv., ASCE, Vol97(HY8), pp.1165-1180, 1971.