

巨石を含む広い礫径分布を有する礫床河川 における粒度分布調査手法

GRAIN SIZE DISTRIBUTION RESEARCH METHOD, IN RIVERS HAVING WIDE
GRAIN DISTRIBUTION, INCLUDING COBBLES AND BOULDERS

山崎憲人¹・寺沢直樹²・福岡捷二³

Norihito YAMAZAKI, Naoki TERASAWA and Shoji FUKUOKA

¹ 国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所河川環境課環境調査係長 (〒930-0984 富山市奥田新町2-1)

² 正会員 青森市役所都市整備部長 (〒030-8555 青森市中央一丁目22-5)

³ フェロー会員 Ph.D 工博 中央大学研究開発機構教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

In order to obtain the efficient and appropriate research method of the grain size distribution in the gravel-bed river, problems of the existing river bed material research were examined. Then a field investigation and experiments were carried out to establish a new research method, of grain size distributions.

The research method gave samples of quick and efficient river bed material, as it is essential to correlate river-bed material distribution to hydraulic quantity and erosion mechanism, especially steep gravel-bed river planning.

From the results of consideration, the material of the bed surface layer in the steep gravel-bed river is the key of the method. Thus, site operation needs only little time and covers a wide area, also specimen sampling is not required. An image processing method with data from a digital camera is effective for this purpose and the outline of the research is presented in this paper.

Key Words: gravel bed rivers, bed material size measurement, surface layer, image processing method, boulder

1. はじめに

急流河川では洪水流の持つエネルギーが著しく大きい
ため、必ずしも大洪水だけが治水上の危険性が高いの
ではなく、中小規模の洪水でも不規則な河道線形や河床状
態の影響を受けて洪水流が偏流しやすいため、河岸侵
食・河床洗掘による破堤とそれに伴うはん濫の懸念があ
るなど危険性が高い。その対策として護岸工等の治水対
策が行われてきた。

しかし、急流河川では出水のたびにみお筋位置が変化
する。みお筋が護岸前面に集中した場合、河床洗掘が進
行し、護岸の根入れ深さの不足による護岸崩壊の恐れが
あるため、根継ぎ護岸工等の治水対策を過去から繰り返
し行われてきた。護岸工の設置は河岸の安定性を増大さ
せるものの、さらなる水流の集中と護岸前面の洗掘深の
増大など課題も多い。そのため、多額の事業費を必要と
する根継ぎ護岸工に代わる自然性の高い合理的な河岸の
侵食対策が求められおり、河床、河岸の安定性保持に一

定の効果がある¹⁾²⁾巨石、粗石を用いた技術開発も望ま
れている。このためには、河床の安定を支配する巨石、
粗石を含む河床表面の粒度分布を効率的に把握する手法
が必要である。

北陸地方整備局管内では昭和 61 年に策定された「北
陸地方整備局調査関係共通仕様書」³⁾ (以下、共通仕様
書という)に基づき、平面採取法(ふるい分け試験)に
よる河床材料の粒度分布調査が実施されているが、利用
目的や河床形態の別に関係なく同一の調査手法を用いて
いる。

本稿では、これまで常願寺川で実施してきた現地調査
及び実験の結果を基に、急流礫床河川における効率的な
河床粒度分布の調査手法を示す。

2. 常願寺川の概要と現地調査及び実験

(1) 常願寺川の概要

常願寺川は富山県南東部に位置し、その源を富山県富

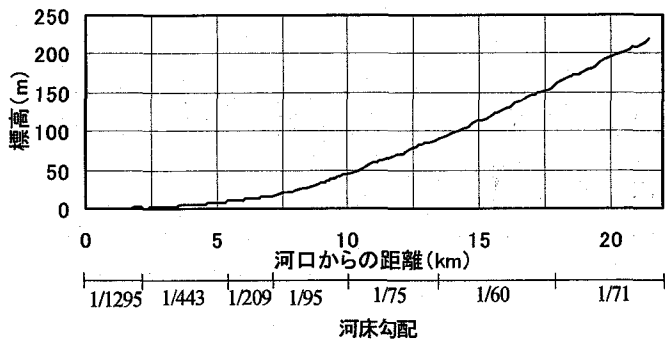


図-1 河床縦断面図

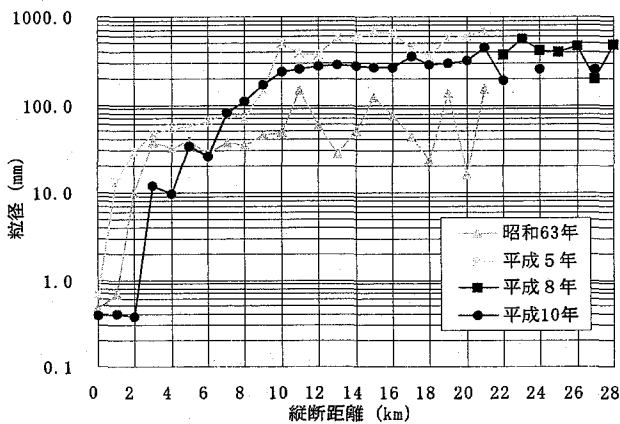


図-2 D_{60} の縦断変化

山市北ノ俣岳 (標高 2,661 m) に発し、立山連峰の山間部を流下し富山平野を形成する扇状地に出て北流し、富山市東部を経て日本海に注ぐ。その上流域はきわめて急峻な地形をなし、また崩壊地が多数存在する我が国多数の急流礫床河川である。図-1 に河口から扇頂部までの河床の縦断勾配を示しているが、河口付近特に 3 km 付近までは緩やかな勾配になっているものの、7 km 付近から上流域では河床勾配が 1 / 100 以下の急勾配になっている。図-2 には共通仕様書に基づく調査手法での河床材料 D_{60} の縦断分布を示している。3 km 付近より下流の粒径は小さくなっているが、それより上流の粒径は 30 cm 以上と大きなものになっている。また、河床は複数のお筋を形成する複列砂州になっている。

(2) 共通仕様書に基づく調査手法

共通仕様書では、急流礫床河川、緩流砂床河川など河床形態や河床材料による区別なく表面から 30 cm 以上の表層を取り除き、その下層にある砂礫を採取して粒度分析を行うこととしている。これは、河床表面がアーミング現象によって比較的大粒径の砂礫に覆われていることが多いことから、河床の平均的な粒度分布を得るために表層を除く必要があると考えられてきたためである⁴⁾。試料採取は砂礫の分布状態が標準的な地点を選定して行うこととしている。その上で 100 mm 以上のふるい分け試験ができない礫については現地における長径と短



図-3 常願寺川 7.1k地点サンプリング位置図

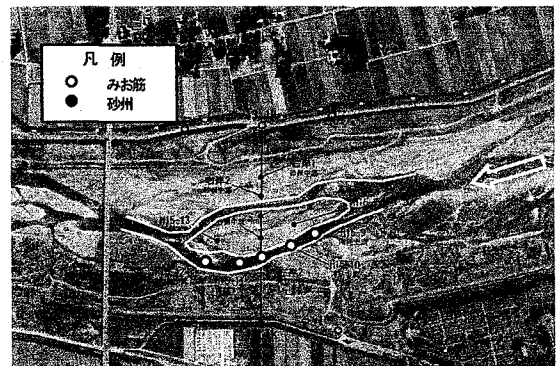


図-4 常願寺川 13.1k地点サンプリング位置図

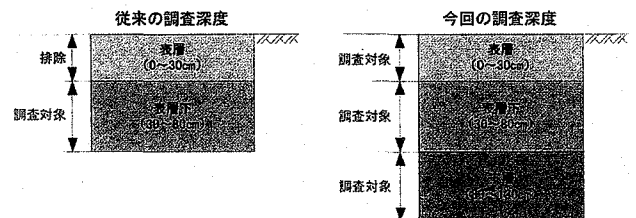


図-5 共通仕様書に基づく調査深度と今回の現地調査深度

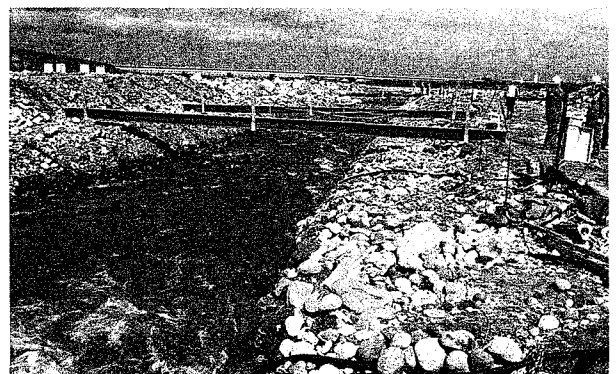


図-6 実験水路の全景 (水路上流端右岸より)

径の計測、100 mm 以下の試料は現場から試験室へ試料を持ち帰って試験を行うこととしており、現地作業等に多くの時間や労力を要し、一度に多数箇所の調査ができないというデメリットがある。

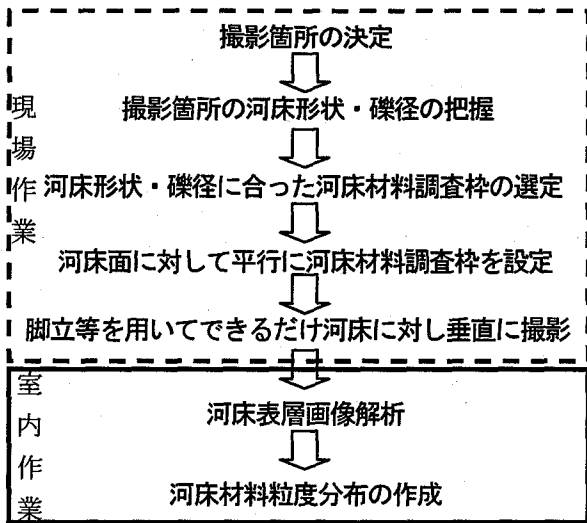


図-7 調査方法フローチャート

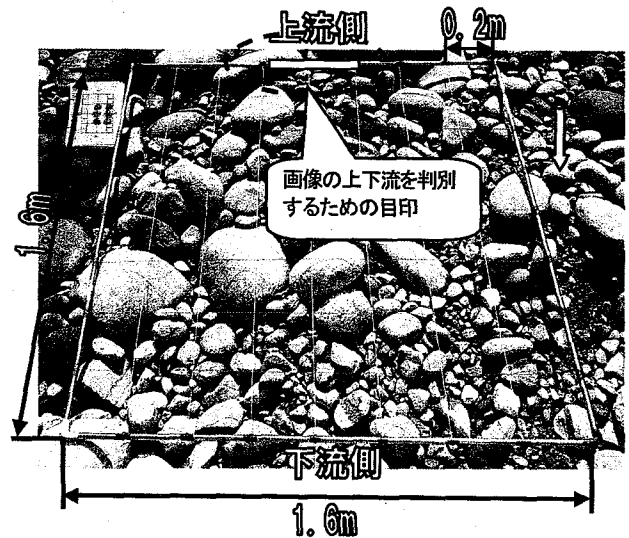


図-8 河床材料調査枠

(3) 現地調査及び実験

常願寺川における河床形態による粒度分布特性の違いを把握するため、セグメント1に該当する河口から7.1 kmと13.1 kmの断面において、図-3及び図-4に示すとおり、同一測線上の砂州部とみお筋部など両地点合わせて25箇所て詳細な調査をおこなった。この調査では、図-5に示すとおり、共通仕様書に基づく調査手法ではなく、表層30 cm、表層下50 cm、下層50 cmの3層に分けて河床材料を採取し粒度分析を行った。その結果、河床変動の履歴やみお筋部と砂州部の違い、調査深度の違いによって粒度分布特性が異なることが明らかとなった¹⁾。

また、洪水時の河道形成、河床安定に果たす河床材料の役割を検証するため、一本のみお筋規模に相当する大規模実験水路を河川敷に設けて実験を行った。この実験では大規模実験水路の水路高まで徐々に水位を増大させ、河床が安定するまで水位と流量を観測した。流量は最大約19 m³/sまで達した。河床が安定した後、排水し水路し水路の縦横断面形状と河床の粒度分布を測定した。図-6に実験水路の全景を示す。この実験から、河床表層を構成する巨石や粗石等大きな河床材料の存在が河岸侵食や河床洗掘を抑制する効果を持ち、みお筋部の河床表層の粒度分布特性を把握することにより、河床の安定性など河川施設管理に有効な情報を与えることがわかった。すなわち礫床河川では、大小広い粒径の礫や石から河床は構成されており、流量が増大するとその掃流力に応じて河床材料が移動し、大きな粒径の礫や石を中心とする広い粒径集団からなる河床材料によって安定な河床表面が形成される。またこのとき同時に行った河床表面の写真撮影による画像分析から求めた粒度分布は、平面採取法(ふるい分け試験)で得られる粒度分布と細粒部分を除いてほぼ同じ分布を与える結果が得られた¹⁾²⁾。

3. 礫床河川の河床材料調査法

前章に示したように、礫床河川では河床表面を構成する材料の粒度分布を知ることが重要である。本章では、河床表面をデジタルカメラで撮影し、その画像を解析することで河床材料の粒度分布を求める手法を示す。本調査手法の特徴は、河床表面を撮影したデジタル画像を解析することによって、通常体積百分率ではなく面積百分率で粒度分布を求めることである。また現地での作業が短時間で済むため、多数箇所での調査が可能である。河床表面の画像から粒度分布を求めるため河床に存在する数mm程度の細粒分の把握が困難であるが、礫床河川の河床安定には大きな粒径の礫や石が重要であり、代表粒径等の把握には本調査手法で十分であると考えられる。またこの方法は、河床の礫や石等の存在状況を観察しながら分析できる利点を有する。

本調査手法は、図-7に示す手順で行う。調査に用いる道具は、デジタルカメラ(画像解析を行うため、500万画素以上が望ましい)、調査枠(河床形状・礫径に応じてスケール枠の大きさを使い分ける)、上部から撮影するための脚立等が必要となる。

(1) 調査枠の作成

基本は1.6 m × 1.6 m 枠を用いて撮影を行う。水衝部等局所洗掘等が生じ、1.6 m × 1.6 m 枠を使用できない場合は0.8 m × 0.8 m 枠を使用する。径1 m程度の大きな礫が主な材料となる箇所では、さらに大きな枠が必要である。枠には解析を行う際の基準スケールとして、また撮影した画像のゆがみを補正するため20 cm × 20 cm 四方に目印として糸を張る。また撮影画像の上下流を判別するため目印をつける。図-8にその概要を示す。

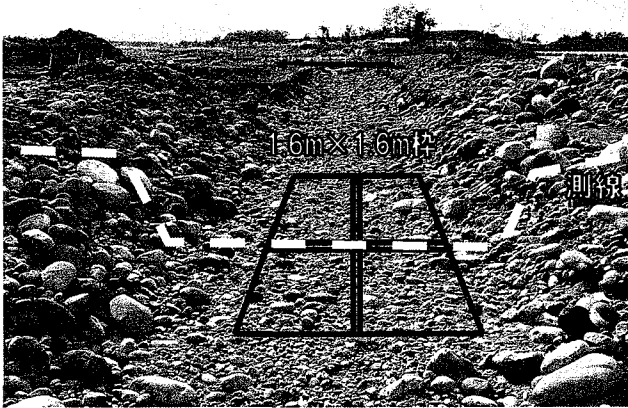


図-9 枠配置例 (直線部など河床が平坦な箇所)

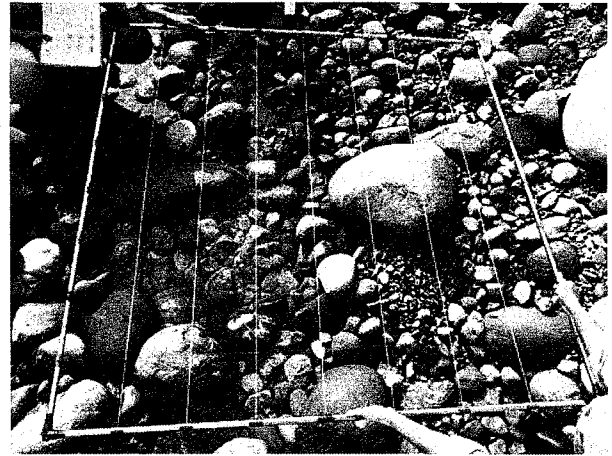


図-12 調査枠設置の悪い例
(枠のゆがみによるスケール糸のたるみ)

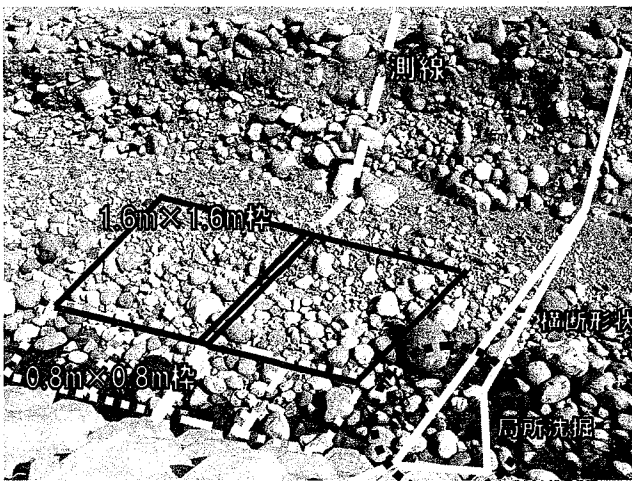


図-10 枠配置例 (局所洗掘が生じている箇所)



図-13 河床撮影写真 (ひずみ補正前)



図-11 撮影風景

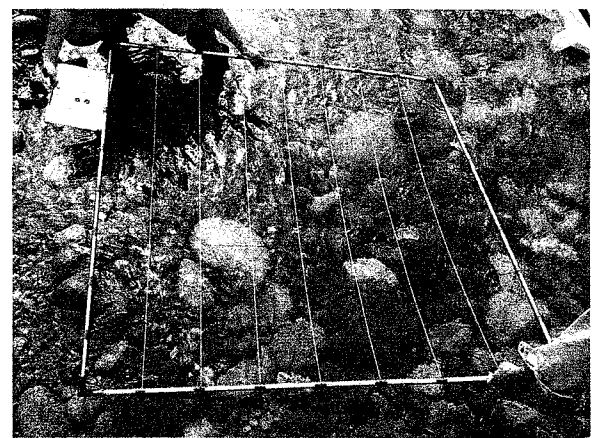


図-14 調査枠設置の悪い例
(冠水している)

(2) 写真撮影の方法

調査は、洪水時における河床、河岸の安定性保持に効果がある巨石、粗石を含む河床表面の粒度分布と流れの関係を把握するため、主流となるみお筋や河岸侵食、河床洗掘が生じている河岸際のみお筋部等で行う。

河床の状況に応じて枠の配置、大きさを決め撮影を行

う。基本は $1.6\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ 枠を使用して 1 箇所につき 4 枚撮影し、局所洗掘が生じている箇所では洗掘形状にあわせて $0.8\text{ m} \times 0.8\text{ m}$ 枠を使用する。枠の配置例を図-9、図-10 に示す。撮影時の注意事項として、ひずみの補正をより小さくするため、図-11 のように脚立等を使用して出来る限り真上から撮影を行い、図-12

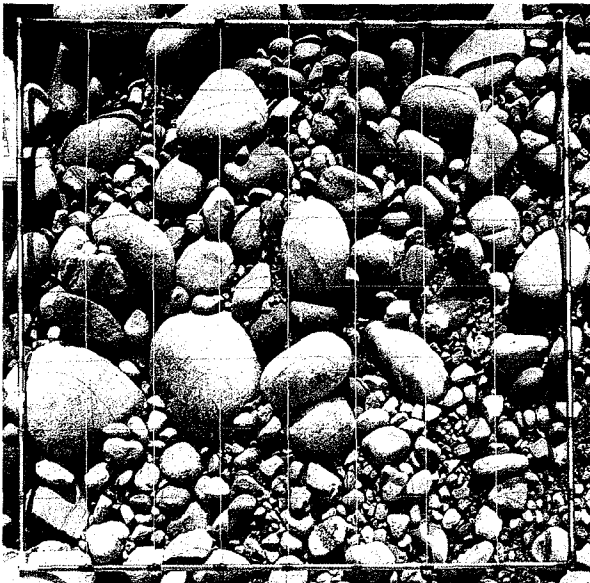


図 - 15 河床撮影写真 (修正後)

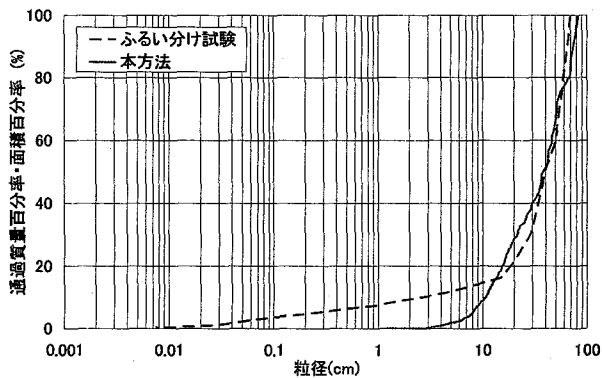


図 - 17 画像による粒径分布曲線

に示すように調査枠のゆがみによるスケール糸のたるみがないよう注意する。また撮影箇所の確認のため、図-13 のように位置情報を示すものを同時に撮影し、さらに、河床のどのような箇所を調査箇所として撮影したか分かるように全景写真の撮影と平面図上に調査位置を記入し整理する。

通常冠水しているみお筋部で撮影した画像は、図-14 のように光の反射や波などで礫径を正確に計測することは出来ない。この場所が水衝部で護岸災害が起こっている場合には、護岸工事等で瀬替えや工事現場内の締切りを行いドライにしたときにみお筋跡を調査する。また洪水時には水位が上昇し冠水するようなみお筋脇の陸域や、洪水時にはみお筋部になっていて、非洪水時には陸域となっている箇所を調査を行う。その際には冠水しているみお筋部と撮影するみお筋脇の陸域では河床材料に大きな差が無いことを確認する必要がある。また冠水箇所を陸域とすることが出来ないときは、通常のふるい分け試験法を併用する。

(3) 画像解析と粒度分布の作成

撮影した写真は、図-13 のように斜めに撮影されてい

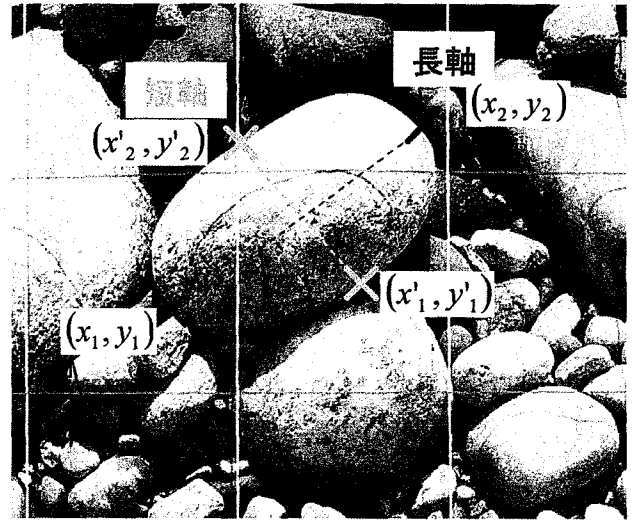


図 - 16 座標データの抽出

るので、設置したスケールのゆがみから、画像処理ソフト (例: Adobe 社 Photoshop) を使用して、図-15 のように正方形に調整、撮影時のゆがみ補正を行う。

ゆがみ補正の完了後、粒径毎の面積百分率を算定するため、河床材料調査枠に張られていた 20 cm × 20 cm 四方のスケールを基準点として設定し、図-16 に示すように各礫の長軸と短軸の各端点の座標データを抽出する。座標データの抽出には、画像上の各点をマウスで指示することにより、その点の座標を読み取るためのソフト (例: MYKA 研究所 Digital Digitizer) を使用する。

各礫の長軸、短軸の各座標データを用いて次式により平均粒径、面積を求める。

$$d_i = \frac{(a_i + b_i)}{2} \quad (1)$$

$$S_i = \frac{\pi a_i b_i}{4} \quad (2)$$

$$a_i = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

$$b_i = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2} \quad (4)$$

ここに、 d_i : 平均粒径、 S_i : 投影面積、 x, y : 各礫の長径、短径の端部の座標 (図-16 参照) である。

そして一調査箇所 で求めた全礫の各平均粒径ごとの次式に示す累積面積百分率によって、図-17 に示すような粒径分布曲線が得られる。

$$\frac{\sum_i S_i}{\sum_i S_i} \quad (5)$$

この方法では、図-17 に示すように写真の解像度等から2, 3cm程度以下の細砂等の河床材料は判定できないが、今回対象としている急流礫床河川の河床安定には細砂はほとんど関係しないので問題ないと考え、しかし、細砂について考慮する必要がある場合にはふるい分け試験法を併用することが望まれる。

5. おわりに

本稿では 2005 年から毎年行った常願寺川河川敷における現地調査及び実験の結果を基に、急流礫床河川における河床材料の粒度分布を把握する一調査手法を示した。河床材料は洪水等を受けた河道における流れの状況を映す鏡であり、河床の安定や河川構造物の設置等に際しての最も重要な情報を与えるもので、河道計画や河道の維持管理の基本的情報である。今後、河川の維持管理の重要性が高まることを考えると精度の高い、かつ必要な箇所を含む河床材料データのサンプリングが不可欠である。また河川環境、特に水生の動植物の生育・生息環境

にとって河床材料を正確に把握することの必要性については論を持たない。それぞれの目的に応じた河床材料の調査法を検討していくことが強く望まれるところである。

今後、本調査手法の適用と改善を進めるとともに、他の急流礫床河川においてもその河道計画や河川管理に役立てられればと考える。

参考文献

- 1) 黒田勇一, 福岡捷二, 山本輝, 吉田和弘, 井内拓馬: 礫床河川の滞筋変動機構と河床粒度分布特性, 河川技術論文集, 第11巻, pp.363-368, 2005.
- 2) 福岡捷二, 山崎憲人, 黒田勇一, 井内拓馬, 渡邊明英: 急流河川の河床変動機構と破堤による氾濫流量算定法の調査研究, 河川技術論文集, 第12巻, pp.55-60, 2006.
- 3) 国土交通省北陸地方整備局監修: 北陸地方整備局調査関係共通仕様書, 平成 16 年
- 4) 建設省河川局監修: 改訂新版 建設省河川砂防技術基準 (案) 同解説 調査編, 平成 9 年

(2007.4.5 受付)