

## 河道特性と流砂量の関係についての基礎的研究

中央大学大学院理工学研究科  
中央大学研究開発機構

学生会員 ○浅野 文典  
フェロー会員 福岡 捷二

### 1. 序論

著者らは、安定な河道では、支配的な流量，河床材料，河床勾配の間に、一定の力学関係が成立し、相互作用による変動の中で安定な状態となると考えている。図-1 に自然河川における安定な河道の力学関係を示す。安定な河道とは、外力により変動が生じて、元の安定な状態に戻る河道と定義する。すなわち、支配要因と考えられる物理量によって一度安定な断面形が決まると、支配流量以下の洪水流に対しては、安定断面形に対して、流れや流砂が変動の中で安定状態を継続する。流域の特徴と断面形の関係について著者らは、国外の自然河道と日本の基本方針河道について検討し、河道断面形状(川幅・水深)は、次元解析から導いた支配的な物理量を組み合わせた無次元量により規定されることを示している<sup>1)</sup>。そこで、本研究では、流域の特徴である流量，勾配，河床材料と流砂の関係について、水路実験により検討する。

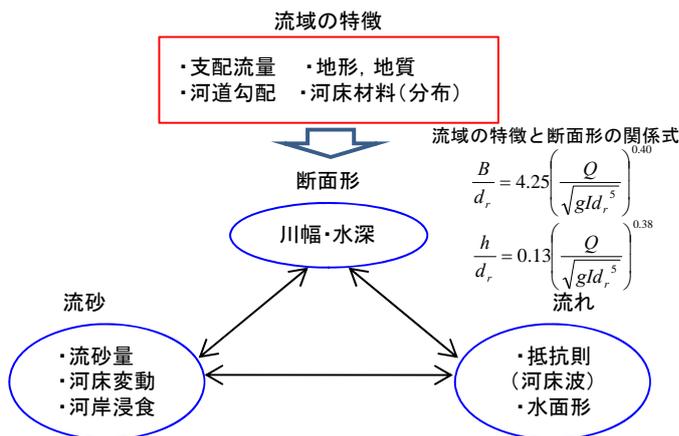


図-1 安定な河道形成の力学関係

### 2. 実験データの範囲

検討には、掃流砂量の実験公式を導くことを目的として行われた佐藤・吉川ら<sup>2)</sup>、吉川・福岡ら<sup>3)</sup>の水路実験データを用いる。実験の詳細については、文献<sup>2,3)</sup>を参照されたい。本来、現地河川データを用いて検討すべきであるが、現地での流砂量の観測は困難であり、観測値に誤差を多く含む可能性があるため、水路実験により基礎的な検討を行う。表-1 に検討に用いたデータの範囲を示す。実験水路の幅は、粒径 1.038～4.58(mm)が 78(cm)，10.0(mm)と 18.1(mm)が 176(cm)である。河床材料は、6 種類の一様粒径と、平均粒径 1.81(mm)の混合粒径を用いた。流砂量は掃流砂採取器<sup>2)</sup>を用いて観測した。流れが射流となっているデータについては、常流とは現象が異なり、同一に検討すべきでないと考え、検討から除外した。実河川では、流量，勾配，河床材料粒径が相互に変化するが、実験では河床材料は一定であり、流量，河床勾配，流砂量が相互に変化する。

データ数	d[mm]	Q[l/s]	1/I	Q <sub>B</sub> [cm <sup>3</sup> /s]
36	1.038	43～200	613～4545	0.10～25.25
64	2.21	28～350	63～1538	0.01～66.94
63	2.62	90～325	340～1667	0.21～54.31
52	3.76	80～400	352～1111	0.22～57.66
31	4.58	80～350	431～800	0.39～18.97
21	10.0	395～1443	172～245	0.80～192.80
14	18.1	540～1630	133～183	1.53～270.31

表-1 実験データの範囲

### 3. 流砂量と流量，勾配，河床材料の関係

図-2 に、河床材料の粒径と勾配の関係を示す。粒径と勾配の間に強い相関があり、各粒径に対し、勾配が一定の幅を持っている。ここで、流砂量と流量，勾配，河床材料の関係について、次元解析を用いて検討する。河道における流砂量は、以下に示す 9 つの独立な物理量により、規定されると考える。

$$f(Q, B, h, I, d_r, Q_B, g, \rho, \sigma) = 0 \tag{1}$$

ここで、 $Q$ ：流量， $B$ ：水面幅， $h$ ：水深， $I$ ：勾配， $d_r$ ：河床材料粒径， $Q_B$ ：流砂量， $g$ ：重力加速度， $\rho$ ：水の密度， $\sigma$ ：河床材料の密度である。π定理より、次に示す無次元量の関係が導かれる。

キーワード 安定河道，流砂，水路実験，次元解析，無次元流量

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1611

$$\phi \left( \frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}}, \frac{Q_B}{\sqrt{sgId_r^5}}, I, \frac{B}{d_r}, \frac{h}{d_r}, \frac{\sigma}{\rho} \right) = 0 \quad (2)$$

水と土砂の比重  $\sigma/\rho$ ，無次元水面幅  $B/d_r$  は一定値であり，無次元水深も水面幅が一定である影響を受けるため，無次元流量，無次元流砂量，勾配の関係について検討する．図-3 に無次元流量と無次元流砂量の関係を示す．無次元流量が河床材料粒径の大きさの違いにより広く幅をもつ．この影響を補正するため，無次元流量に対し，勾配のべき乗を乗じ整理する．図-2 に示すように，勾配は粒径との相関が強いため，勾配のべき乗により，勾配と粒径によるばらつきを取り除くことができる．図-4 に勾配のべき乗により補正した無次元流量と無次元流砂量の関係を示す．無次元流量に  $I^{1.3}$  を乗ずることにより全体が一つにまとまる．これは，流砂量が勾配の影響を強く受けるためである．また，全体的に若干の幅が生じているのは，流砂量の観測に掃流砂採取器を用いるため，観測データに誤差が含まれているためである．混合粒径は，一様粒径の分布に対し，無次元流量が小さくなっている．混合粒径の場合，無次元流砂量が小さい領域では，実際に観測されている流砂が平均粒径である 18.1(mm) よりも小さな材料であると考えられる．そのため，移動している河床材料の粒径より大きな値を用いて無次元流量を算出しているため，一様粒径に比べ無次元流量が小さくなっていると考えられる．図-4 から，勾配のべき乗により補正した無次元流量により，無次元流砂量が求められる．

4. 結論

本研究では，水路実験により，流砂量と流量，勾配，河床材料の関係について検討した．次元解析により導き，勾配のべき乗により補正した無次元流量と無次元流砂量の間には一定の関係があることを示した．無次元流量は，支配流量に対する安定な断面を規定すると共に，流砂量についても重要な指標となることを示した．今後は現地河川データを用いて，流量，勾配，河床材料のそれぞれが大きく変化する中で，無次元流量と無次元流砂量の関係について検討する必要がある．

参考文献 1)浅野文典, 福岡捷二: 沖積河川における安定な川幅・水深, 水工学論文集, 第54巻, 2010, (印刷中). 2)佐藤清一, 吉川秀夫, 芦田和男: 河床砂礫の掃流運搬に関する研究(1), 土木研究所報告, 第98号, 1958. 3)吉川秀夫, 福岡捷二, 馬場享, 河野二夫: 大粒径砂礫の掃流砂量に関する研究, 水理講演会論文集, 第19巻, pp.1-6, 1975.

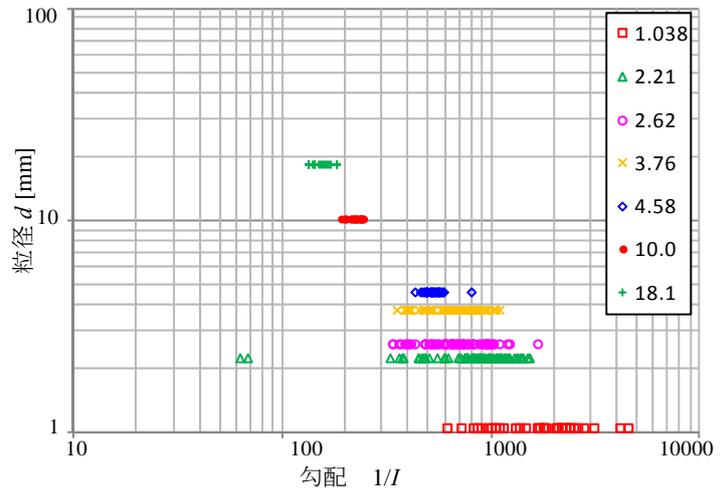


図-2 粒径と勾配の関係

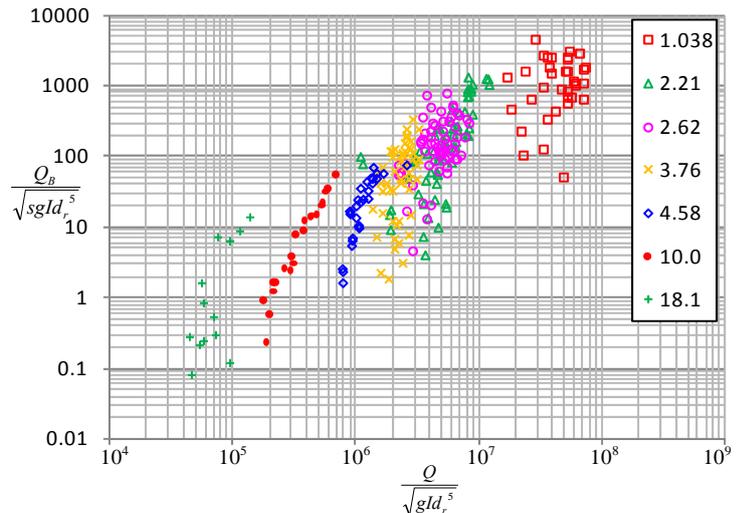


図-3 無次元流量と無次元流砂量の関係

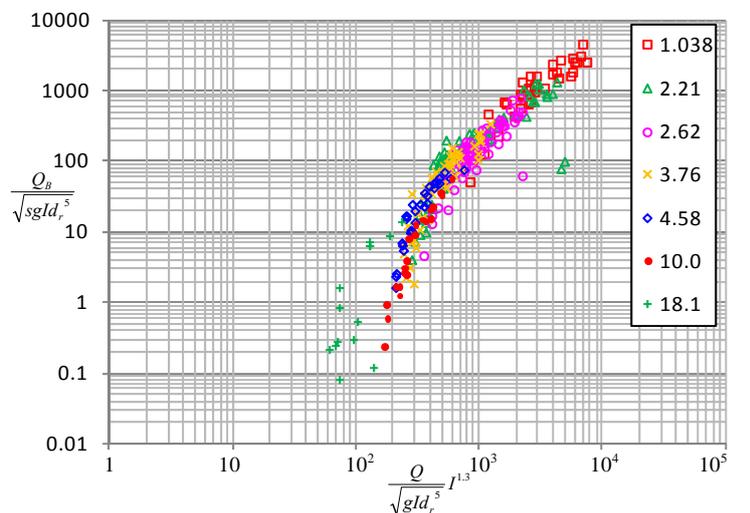


図-4  $I^{1.3}$ より補正した無次元流量と無次元流砂量の関係