

中小河川の中規模河床形態について

STUDY ON MESO-SCALE RIVER BED CONFIGURATION OF SMALL-MEDIUM SIZED RIVERS

(株) 北海道水工コンサルタンツ 正会員 ○佐々木 真 (Makoto.Sasaki)
(株) 北海道水工コンサルタンツ フェロー 吉井 弘 (Hiromu.Yoshii)

1. まえがき

治水と環境の調和した河川改修は、多自然川づくりとして、その事業が進捗過程にあります。本稿は河川改修事業の立案に向けて、河道計画の提案を担う立場から、その分野の専門家の学術的な研究と河川改修の実践例とそのモニタリング等の報告・検証を参考にして、「中小河川の中規模河床形態」について、特に「川幅水深比」の考え方・あり方を対象にして取りまとめたものである。(なお、以下の川幅は水面幅を表す。)

2. 調査・検討区間の概要

2.1 流域の概要

検討モデルは、道東地方位置する流域面積 180km²、流路延長 30km の 2 級河川である。河川の特徴としては、縦断勾配が 1/1000 から 1/200、セグメント 3~2-1 の区間である。検討区間(河口から 11km 地点)の平面形は、1965 年(図-1)では沖積地河川の扇状地河道を呈し蛇行しているが、2002 年現在は(図-2)改修が進捗して直線化した河道となっている。



図-1 1965年地形図(国土地理院)



図-2 2002年地形図(国土地理院)

2.2 河道特性について

検討区間の現況は(200m 程の短区間であるが)図-3、図-4 に示す河道を呈している。図-3 は 3 年間の調査に基づく縦断面形で、淵が形成されほぼ安定している。図-4 は横断面形を、築堤の法肩を基準としてその離れを横軸にとり、蛇行状況を表した。この結果、検討区間は以下の特性を持つ。

- ① 平水時は蛇行した流れであるが、計画高水流量時の流れはほぼ直線となる。
- ② 検討区間に 4 箇所の淵があり、その間隔は 55m~85m である。蛇行波長を考えると川幅の 5 倍程度となり、一般的に言われている蛇行波長の範囲である。
- ③ 検討区間の直上流は蛇行河道で、横断⑤の地点は変化点であり、砂州の一部が平水位以上に確認できる。

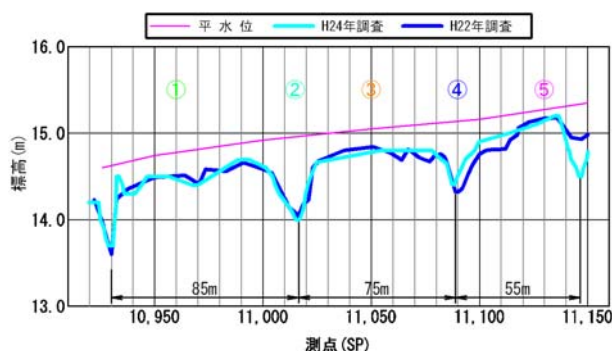


図-3 最深河床縦断面図

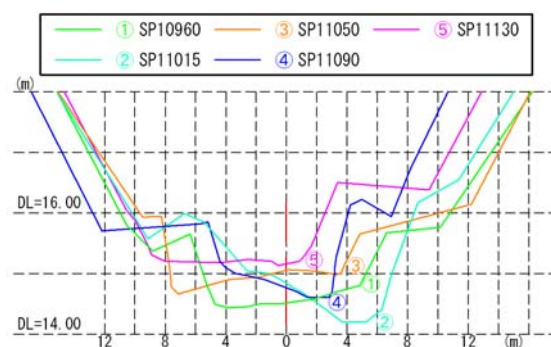


図-4 重ね合わせ横断面図(平成24年調査)

3. 検討区間の水理諸元と河床形態

河道の擾乱はある河川流量が支配的であると考えられている。北海道の場合は融雪期と夏期出水の 2 シーズンがそれを構成すると言える。また、一年間の大半を占め

る平水位の状況は生態系（生物生息の多様性）に関係することから、その3ケースの流量を対象とした。また、検討区間は淵を形成している SP11015 地点と平均的な SP11050 地点を選定して、表-1 の水理諸元を得た。

移動床流れの河床形態に関する研究は土木学会の「水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会」によって、その時点で得られた研究成果⁽¹⁾として体系化された。

その後、黒木 幹雄・岸 力氏の論文⁽²⁾、設省土木研究所研究資料⁽³⁾山本 晃一氏「沖積河川学」⁽⁴⁾と福岡捷二氏の論文⁽⁵⁾等の研究成果がある。

検討区間の水理諸元を基に算定した無次元ファクター（表-1, 2）を前記の研究成果図にプロットして課題を比較整理した。

3.1 比較・課題の整理

(1)黒木・岸氏の論文⁽²⁾（1982 年、1984 年）

図-5 は理論より求められた直線流路における中規模河床形態の形成領域区分である。検討区間は図-5 に示したように、ほぼ砂州非発生領域になる。この図で示されている砂州非発生領域にプロットされている△印のデータ（論文⁽²⁾を参照のこと）は砂州発生に至らないが、小規模河床形態から単列砂州へ移行する遷移領域が存在すると考える。

村本・藤田氏⁽⁶⁾は中規模河床形態を $h/d-B/h$ 平面において、小さい規模から短対角州、準砂州（Semi bar）、交互砂州と複列砂州の4つの領域に分類している。検討区間の現況は交互砂州（単列砂州）の形成に至らない領域に位置するが、現況河道は、瀬淵が存在しサケ産卵床の確認がされていることから、この領域の存在を評価する必要がある。

表-1

流量 Q (m ³ /s)	測点	1/I	平均 流速 U (m/s)	フルード 数 Fr	水深 h (m)	川幅 B (m)	B/h	摩擦 速度 u* (m/sec)	代表 粒径 d _r (m)	限界 掃流力 u* ² (m/sec)	無次元 掃流力 τ*	B ^{1/2} /h
3.50 平水流量	11,015	350	1.04	0.497	0.65	7.23	11.1	0.1349	0.022	0.018	0.051	3.447
	11,050	350	0.98	0.474	0.40	11.90	29.8	0.1058	0.022	0.018	0.031	9.219
9.58 平均融雪期 最大流量	11,015	350	1.32	0.528	1.05	10.96	10.4	0.1715	0.022	0.018	0.083	3.235
	11,050	350	1.24	0.520	0.84	12.67	15.1	0.1534	0.022	0.018	0.066	4.674
27.78 平均 年最大流量	11,015	350	1.62	0.556	1.50	18.84	12.6	0.2049	0.022	0.018	0.118	3.892
	11,050	350	1.51	0.546	1.23	22.49	18.3	0.1856	0.022	0.018	0.097	5.666

● 平水流量 ● 平均融雪期最大流量
● 平均年最大流量

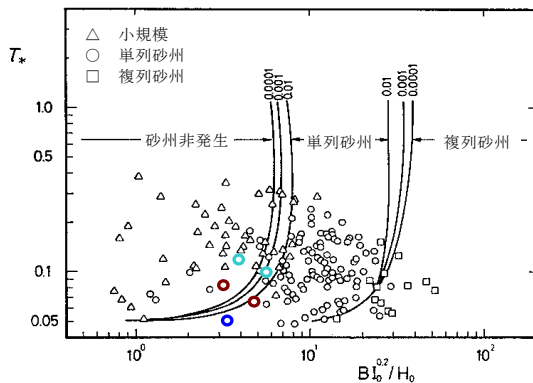


図-5 藻琴川中規模河床形態区分図

(2)建設省土木研究所研究資料⁽³⁾（1990 年）山本 晃一著⁽⁴⁾（2010 年）

砂州形態は B/H_m 、 H_m/d_r 、 τ_* の3要素に支配され、 B/H_m が最も支配的であると考えられる。

B/H_m が 10～20 の場合は図-6 のように交互砂州の発生領域を示している。しかし実験水路の限界もあり、交互砂州領域は B/H_m は 50 までの範囲が示されている。

B/H_m が 20～50 程度での範囲であれば、流量の変化に伴い交互砂州の形態は変わらないが、直線水路であれば、流量が増大することにより、 B/H_m が小さくなり、砂州長 L_s は多少短くなる方向に、砂州高 H_s は小さくなる方向、進行速度は早くなる方向にあると考えられる。

検討区間は $10 < B/H_m < 30$ にあり、図-6 に示すように平均融雪期最大流量、平均年最大流量は交互砂州の領域に入る。

表-2

流量 Q (m ³ /s)	測点	水深 h (m)	川幅 B (m)	代表 粒径 d _r (m)	無次元 掃流力 τ*	B/h	h/d _r	B/d _r	Q/(gId _r ^{5/2}) ^{0.5}
3.50 平水流量	11,015	0.65	7.23	0.022	0.051	11.1	2.95E+01	3.29E+02	2.91E+05
	11,050	0.40	11.90	0.022	0.031	29.8	1.82E+01	5.41E+02	2.91E+05
9.58 平均融雪期 最大流量	11,015	1.05	10.96	0.022	0.083	10.4	4.77E+01	4.98E+02	7.97E+05
	11,050	0.84	12.67	0.022	0.066	15.1	3.82E+01	5.76E+02	7.97E+05
27.78 平均 年最大流量	11,015	1.50	18.84	0.022	0.118	12.6	6.82E+01	8.56E+02	2.31E+06
	11,050	1.23	22.49	0.022	0.097	18.3	5.59E+01	1.02E+03	2.31E+06

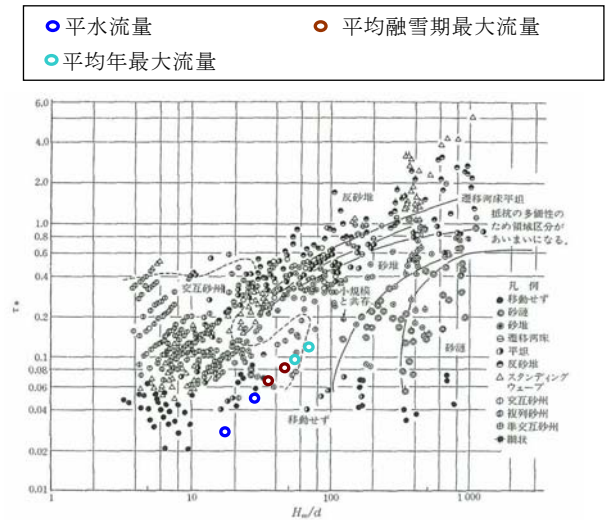


図-6 中規模河床波の発生域 ($B/H_m=10\sim20$ の場合)

(3)福岡 捷二氏の論文⁽⁵⁾（2010 年）

福岡氏は「温暖化に対する河川の適応技術のあり方ー治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて」において、治水と環境の調和した河道形成のためには、川幅、水深や断面形をどのようにすべきかが基本であり、そのような断面とは、自然河川の河道断面に近いものと考えている。自然河川における無次元川幅、無次元水深と無次元河道形成流量の関係を、我が国とカナダの自然河川および現地や実験室で行われた河道形成流量による河道拡幅実験の結果を用いて検討し、（そのデータ等は、上記論文を参照のこと）図-7 に示されている両式（福岡の式）を導いた。

一方、図-7 にプロットされているデータは、我が国の一級河川の基準点を通過する計画高水流量について、その地点の計画河道を用いて無次元化した数値である。自然河道に比べて基本方針河道ではバラツキが若干大きい、福岡の式が国内、国外の自然河川、我が国の基本方針河道を含め種々のスケールの洪水および河道に対して同様に成立していると言える。

表-2 に示した本検討のデータを図-7 にプロットした結果は、自然河川と比較し川幅が狭く水深は深い傾向にある。

なお、中小河川の「ふるさとのモデル事業」を対象に、前式を適応した検討報告⁽⁷⁾があり、その事業の資料の川幅は狭く、中小河川は河道拡幅に必要な土地の制約が大きいと考えられている。

現在まで、河道を形成する流量規模は、平均年最大流量と考えるのが一般的であるが、福岡氏は地球温暖化に伴い今後の洪水流量の増大を考えると、河川管理との関係で低水路幅に対する河道形成流量ではなく、全川幅や全断面積を決める河道形成流量が検討対象とされなければならないとある。

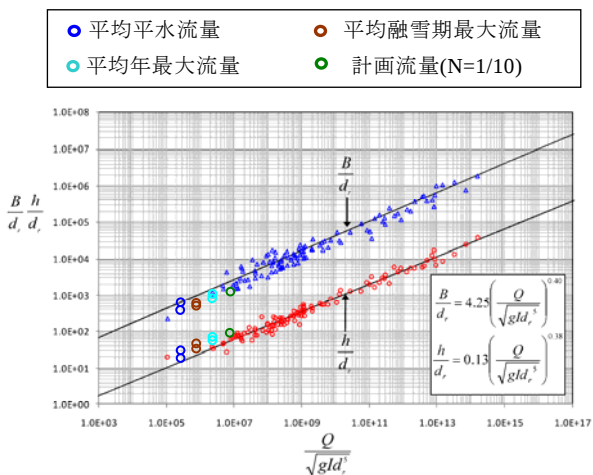


図-7 基本方針河道における無次元流量と無次元川幅、無次元水深

4. 河川改修計画における川幅水深比について

河川改修事業における河道計画を立案する立場で検討を加える。例えば治水安全度の向上を主題とした場合、河道の拡幅、特に低水路の拡幅が治水上有効であり、これまでの河川改修に多く見られる。しかし、河川は流域の大きさ、それを形成する地形・地質特性等いろいろな特性がある。また、河川工学的には流況や、河道を形成する砂礫、そしてそこに棲む生き物等がある。従って、中小河川における改修事業の河道計画について、以下のように考える。

- ① 中規模河床形態の領域区分は、平均年最大流量規模を対象として解析され、河川改修事業の低水路計画等の基本として考えられてきた。

しかし、河川改修計画において、単列砂州領域に配慮した低水路の拡幅が、本来有していた河川の

特性を損なわないよう留意しなければならない。河道の擾乱（流水の擾乱、生息環境の多様性）と治水対策としての河道拡幅等の改修は密接な関係にあり、本来有する河川特性（流域、河道、生態系、社会環境）を踏まえた計画の立案が重要である。

- ② 検討区間をモデルとした中小河川の川幅水深比 B/h は治水と環境の両立を考えると、平均年最大流量規模で計画区間内平均 15 以上となる。その上限値は治水と環境が両立する範囲として、計画区間内に存在するリファレンスサイトと上記①に留意して、横断形状を検討する必要がある。

5. むすび

検討区間は、河川改修事業の計画治水安全度内で、河道の擾乱と生態系の保全が維持されていることから、「多自然川づくり」の参考になると考える。

謝辞：論文の掲載に際し、資料等の使用をご了承頂いた網走建設管理部の関係者皆様に心から御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 水理委員会；「移動床の流れにおける河床形態と粗度」土木学会論文報告集第 210 号・1973 年 2 月
- (2) 黒木幹男、岸 力；「沖積河道の流路形態の領域区分に関する研究」第 22 回水理講演会論文集 1982 年「中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究」、土木学会論文報告集第 342 号・1984 年 2 月
- (3) 建設省；「河道平面形状と砂州に関する基礎調査－河道平面計画論のために－」土木研究所資料第 2806 号・1990 年 12 月
- (4) 山本晃一著；「沖積河川学」－構造と動態－（財）河川環境管理団・企画 技報堂
- (5) 福岡捷二；「温暖化に対する河川の適応技術のあり方－治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて」土木学会論文集 fVoI66 2010・10
- (6) 村本嘉雄、藤田雄一郎；「中規模河床形態の分類と形成条件」第22回水理講演会論文集1982年
- (7) 坂口達哉、福岡捷二；「河川の河道断面に関する一考察」38 回土木学会関東支部技術発表会 2010 年 3 月
- (8) 玉井信行編；「河川計画論」－潜在自然概念の展開 東京大学出版会