

瀬・洄形成河川の河道環境に関する研究

Study on the river channel environment of the rapids and pool building rivers

(株) 北開水工コンサルタント	○正 員	荒木拓也 (Takuya Araki)
(株) 北開水工コンサルタント	正 員	三田村一弘 (Kazuhiro Mitamura)
(株) 北開水工コンサルタント	正 員	山口甲 (Hajime Yamaguti)
(株) 北開水工コンサルタント		玉館敦 (Atusi Tamadate)

1. まえがき

堤防を有する河川の土地空間は堤防敷地、高水敷地、低水路敷地で構成されており、それぞれの土地空間によって論ずべき動植物の生息条件が違ってくる。本文では通年流水で満たされている低水路敷地空間（河道）を研究対象として、その河道に形成されている瀬と洄に着目しその水理条件について論ずる。河道内の河川流量は時々刻々変動しているのでどの流量で瀬・洄が形成されているのかは充分検討すべき課題であるが、本文では土砂の移動を起こしかつ発生頻度が高い平均年最大流量時の水理量を用いて、河道環境を論ずる。

2. 研究対象河川の河道特性

蛇行流路の形状、中州の形成など河道環境は同一河川であつても多量の流出土砂量を伴った稀なる大きな洪水が起きると一変した様相を示す。また経年的に河床が上昇する河川と低下する河川によって河道は異なってくるし、河川工事による洪水氾濫の防止に伴い河道流量が大きくなると河道環境が変わる場合もある。これら自然的降雨条件及び人為的な河川工事の進捗が同一水準に近いと目される同一流域内の河川について河道環境を比較検討する。対象河川は北海道の日高山脈の東側にある十勝川水系の十勝川、札内川、音更川の3河川である。^{1) 2)}

2.1 河道の長期変動

昭和40、41年来の平均河床高は3河川とも低下傾向にある（図-1 参照）。低水路を常時流水がある断面1、中小洪水で流下断面となる砂州上の断面2に区分しているが断面1の平均河床高の低下量が断面2よりも大きく、相対的に砂州が浮上る傾向が見られる。基準年以降の各河川全区間の平均低下量は十勝川1.8m、札内川1.0m、音更川1.3mであつて、札内川、音更川の河床低下は近年少なくなっているものの、十勝川は未だ河床低下が進んでいる河川である。

河床が低下する河川にあつて札内川を例にとり縦断方向の低下傾向を図-2の下段に示す。昭和40年から平成10年までの33年間の低下量（緑）は大きい所で2.8mの低下が見られるものの20～33kmの河道では低下量が小さい。これは低水路幅（青）が図-2の上段に示すとおり当該区間が上下流に比べて広いため、河川横断方向の単位幅当りの掃流力が小さくなり河床洗掘が生じ難いことによるものである。このように低水路幅は掃流力の大小として表れ、また中州の形成など河道環境の特性をもたらす主要要因となるので低水路幅の維持は河道環境を論ずる上で重要な因子である。

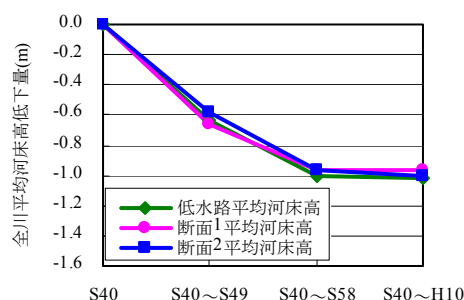


図-1 河床低下量（札内川）

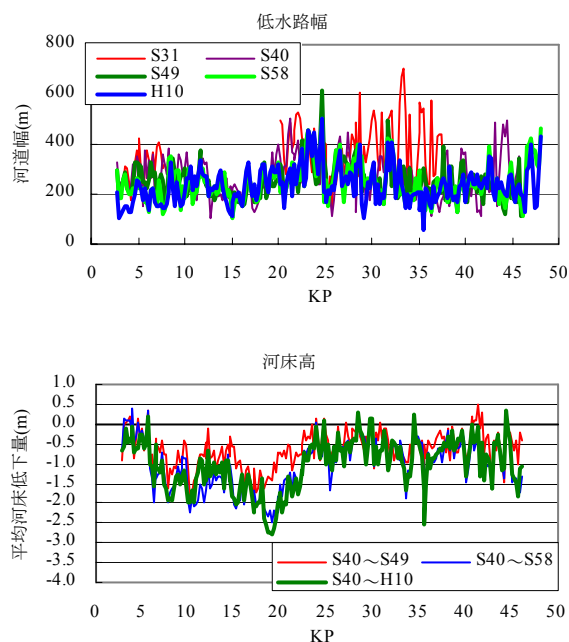


図-2 河道形状変遷（札内川）

2.2 現河道の特徴

各河川平均年最大流量が流れる水面高を不等流計算で求めておき、河口及び本川への合流点からの河道距離に沿って、各水理量の縦断形状を比較する。

平均年最大流量が流れる場合の水深は十勝川、利別川の順に大きく札内川、音更川は同じ値を示しつつ1.5m以下と小さな水深を示す。平均年最大流量が流下する時の水面幅はいずれも低水路内に止まっており札内川の水面幅が特に大きく、これが平水時に分岐流路が見られる網状河道の原因の1つをなす。上記から明らかなように川幅水深比は図-3に示すように札内川が最も大きく多くの区間で100

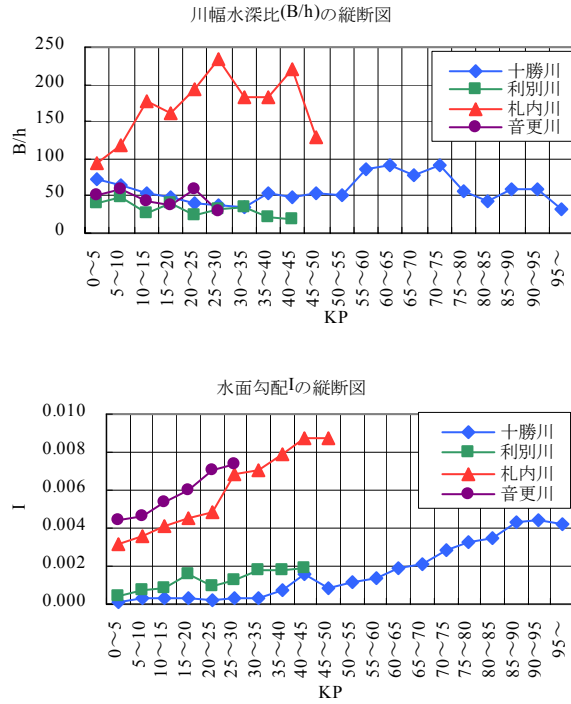


図-3 各水理量の縦断面図

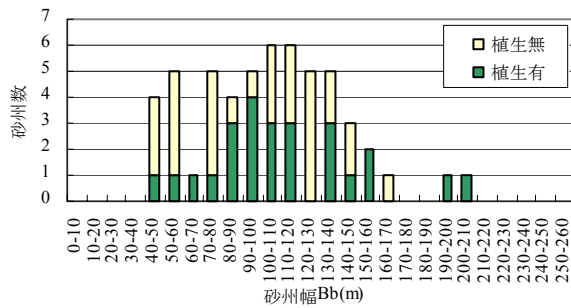


図-4 砂州幅 Bb と 植生有無の関係 (札内川)

を超えており、他3河川は同一の水準約50であって十勝川上流で約90に達する区間がありここで網流河道が見られる。

河道距離に沿った河床砂礫のD50は音更川、札内川、利別川、十勝川の順に大きい。水面勾配は音更川、札内川が共に大きく利別川、十勝川は水面勾配が相対的に小さい河川である。この様に同一水系内の河川でありながら4河川それぞれ異なる水理条件の基にあって、これらが中州の形成、蛇行波長、瀬・淵の形成などの支配要因となってそれぞれ特徴のある河道環境を形成している。

中州（浮洲）に着目して札内川の河川横断方向の最大砂州幅 Bb とその砂州上の草木の生育状況を図-4 に示している。

十勝川、音更川の砂州では草木が生育しているものが多く、これは砂州上を流れる頻度が少ないため草木が生育している砂州が多いからである。札内川は砂州の表面を流れる出水の頻度が多く、表面の砂礫が移動する砂州が多くあるため草木が生育できないものが多い。

次に分岐流路の線形に着目して単列河道、複列河道と区分して蛇行波長として図-5 に示す。十勝川の下流河道では複列砂州河道は見られないが十勝川上流、札内川、音更

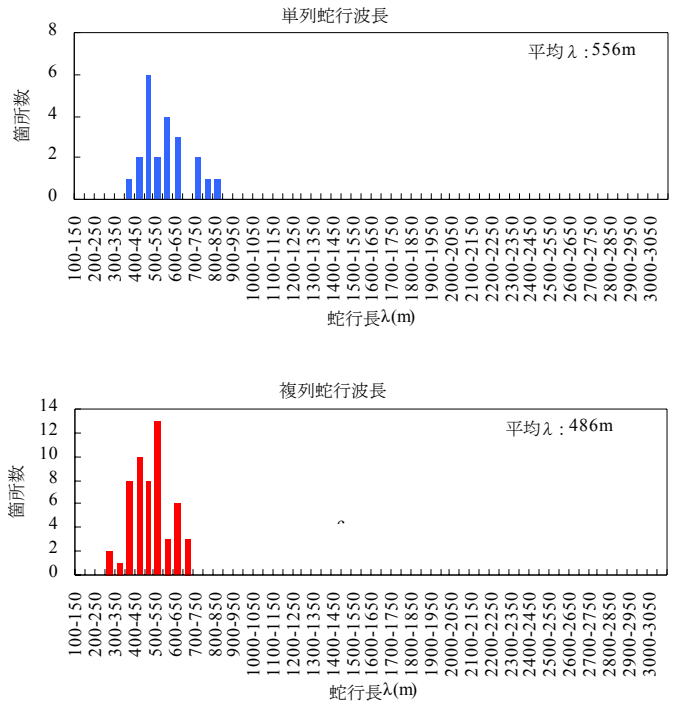


図-5 札内川 (3~48km) の蛇行波長 (航空写真平成12年撮影、1/10,000)

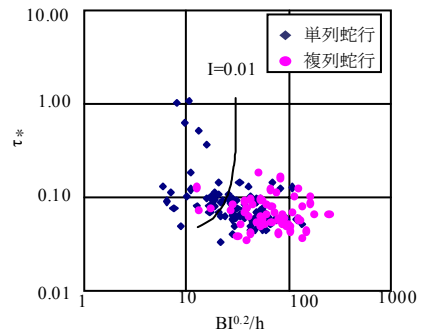


図-6 砂州領域区分

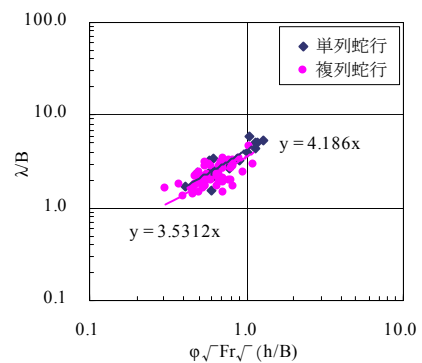


図-7 札内川の砂州形状判別図 (平均年最大流量時)

川共に単列河道、複列河道が見られる。また蛇行波長は単列河道の方が複列河道よりも蛇行波長が大きい。

河川の平均年最大流量が流れた場合の水理量を計算で求めた。岸らの領域区分図では単列河道と複列河道の領域が混在する部分も見られるが、河川勾配Iが0.01の境界線付近が、単列、複列の区分線と見ることが出来る (図-6 参

照)。³⁾

蛇行長は山口の方法によった。⁴⁾

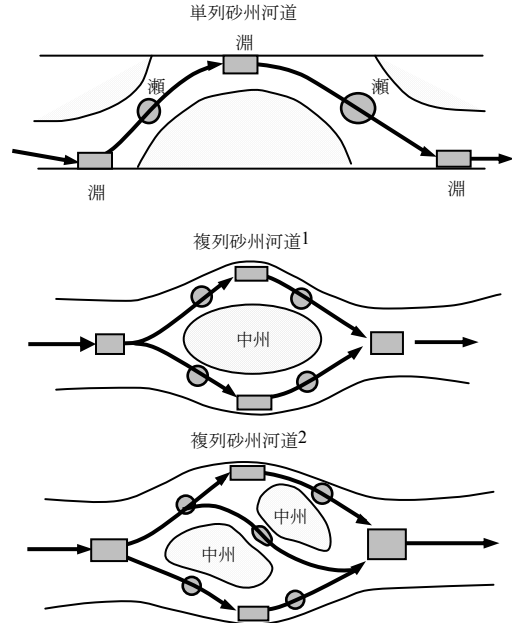
$$\frac{\lambda}{B} = \alpha \phi \sqrt{F_r} \sqrt{\frac{h}{B}}$$

$$\text{ここに、} \phi = \frac{v}{v_*}, F_r = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

これらの結果は低水路幅 B が大きくなり水深 h が小さくなるような河道拡幅を行うと低水路幅 B の影響度が高いため、単列から複列河道へ変化することを示し、流下能力の確保は検討を要する。また川幅 B の縮小化は単列河道の方向に変化するので複列砂州河道の場合よりも安定性が高くなる。また複列河道の単列化は蛇行波長が大きくなって蛇行流路における水衝部の減少となり、河岸沿いに縦断方向に連続した護岸工ではなく水衝部に集中した護岸を縦断方向に断続して設置することにより。

しかし、複列砂州河道の単列化は蛇行波長が伸張するため流水の対岸への偏向数が減じ、また分岐流を1つの水脈に統合するため瀬と洲の数は減少するなど流れは単純になる嫌があり、魚類など水生生態系の生息環境としてどちらが好ましいかを生態環境の水理条件として考究しておくことが重要である。

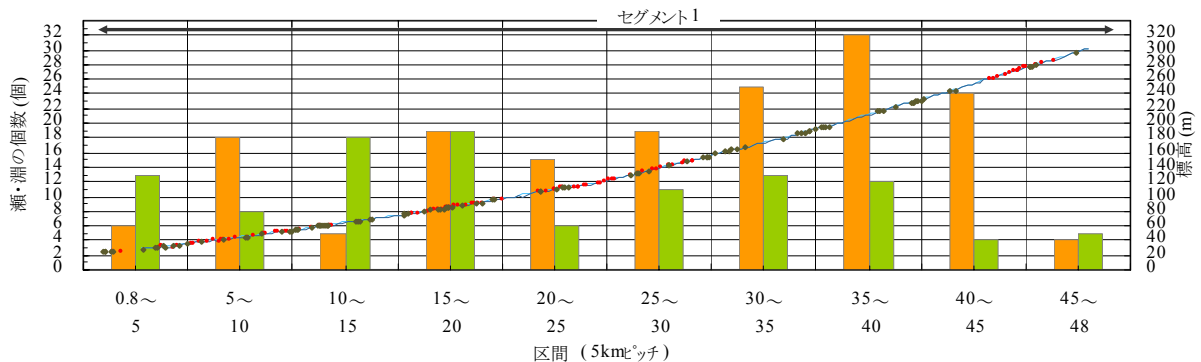
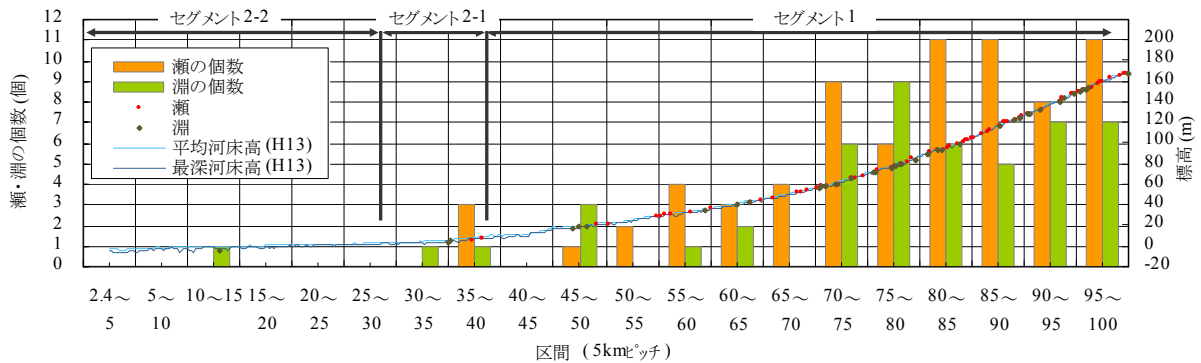
複列河道では流路の分岐数が多い河川であるから単列河道よりも瀬・洲の発生箇所数が多い河道である。また波長も小さいので単位河道距離当りの瀬・洲の発生率が大きい変化に富んだ河道環境が見られるであろう。しかし洲は河岸前面に発生しているので洲の発生率が大きい河川は河岸浸食の発生面から危険性が高い河川といえよう。平均年最大流量を超える大きな洪水が起きると複列河道は単列河道に移行したり、蛇行波長が伸びるので水当たり部（洲）の発生位置が変位するのであらかじめその対策を講じて置くことが必要となる。



図－8 河道形状模式図

表－1 瀬・洲の発生箇所数

河川名	区間 (km)	河道 延長 (km)	箇所数		1km 当り	
			瀬	洲	瀬の数	洲の数
十勝川	30～100	70	73	48	1.04	0.69
利別川	5～43	38	13	3	0.34	0.08
札内川	0～48	48	167	109	3.48	2.27
音更川	0～30	30	116	48	3.97	1.60
計		186	369	208	1.98	1.12



図－9 瀬・洲の縦断位置及び区間別確認個数（上段：十勝川、下段：札内川）

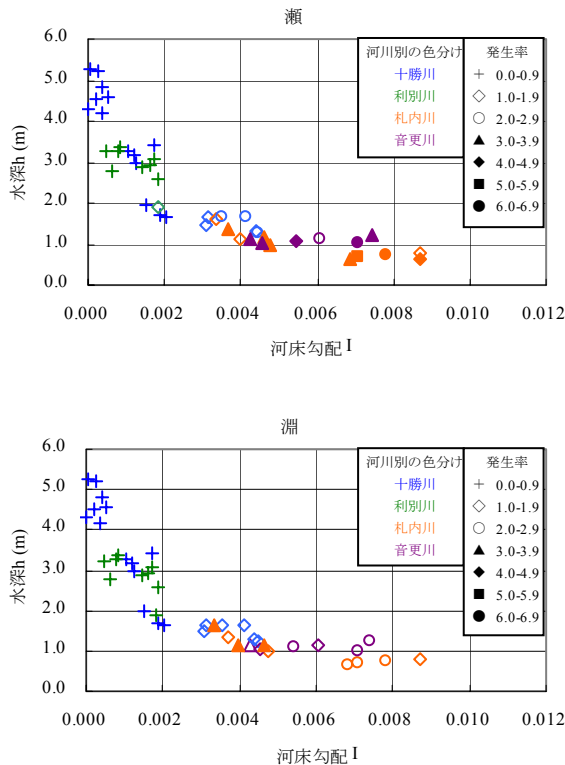


図-10 水深・河床勾配による瀬、湍の発生率相関図

3. 多様な流れを見せる河道環境

河道内の流れは図-8 の模式図に示すような蛇行した流路が見られる単列砂州河道では1蛇行波長の中に瀬・湍それぞれ2箇所見られ、複列砂州河道1では1蛇行中に4箇所の瀬、3箇所の湍が見られさらに河道2では5箇所の瀬、3箇所の湍となるなど瀬の数が湍の数よりも多く見られる。

平成17年十勝川、利別川、札内川、音更川の4河川全川について現地調査を行いその結果は表-1の通りである。河川間の比較を行うため、河道距離1km当りの発生数(発生率)は複列砂州河道区間が長い札内川、音更川の両河川が大きく次に十勝川、利別川の順である。4河川平均でも発生率は瀬が1.98、湍が1.12と大きく大河川であるにもかかわらず瀬・湍の多い河川である。

次に河川縦断方向の瀬・湍の発生数を河道5km間隔で表わすと図-9の通りである。十勝川は上流河道の複列砂州河道で多く見られるのに対して札内川では全川に渡り瀬・湍の発生状況が見られ、また瀬・湍が多い河川である。これは川幅水深比が十勝川よりも大きく、全川で複列砂州が見られる河道であることに依るものである。

瀬・湍の発生率を図-10に示す様に河床勾配と水深で表わすと、4河川共に同一の線上に集中していて、河川毎の発生率の領域が見られる。この相関図は平均年最大流量時の勾配、水深で表わしているが、それらが与えられると瀬・湍の発生率が推定できる結果である。更に図-11は水深h、勾配I、河幅B、河床砂礫粒径、砂礫の水中比重も水理量とする τ をもって表わす岸らの中規模河床形態の領域区分図に瀬・湍の発生率を重ねている。その結果中規模河床形態の非発生領域では調査事例が少なく、単列から複列砂州領域になるにつれて発生率が大きくなることが判り、河床砂

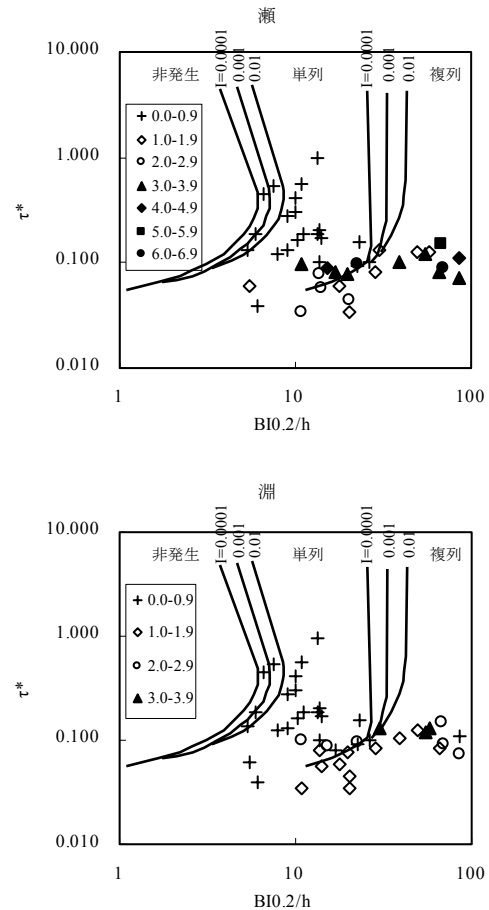


図-11 瀬・湍の砂州領域区分

礫と河道形状を与えることによって瀬・湍の発生数が推計できる結果となった。

4. むすび

河川環境の研究が行われる中で低水敷地の河川、すなわち河道環境に関する研究は特に重要である。今回蛇行流路における砂州形態の領域区分図と瀬・湍の発生率との関係を明らかにし、河道環境と水理条件の関連性を示すことができた。それぞれの砂州形態に応じて流水が形成する分岐流路の横断形状を与えることによって、任意の流量に応じた水深、流速を推定できるので、魚類など水生動物の生態学の研究成果を待って生息条件に即した河道環境の再生に活用できるものと思う。

最後になりましたが本研究は(財)河川環境管理財団の平成17年度自主研究費及び帯広開発建設部の御協力を得て進めたことを付し謝辞といたします。

5. 参考文献

- 1) 帯広開発建設部
十勝川流域の河川特性 平成18年3月
荒ぶる十勝川に安全と安らぎを
(財)河川環境管理財団 2006.1
- 2) 水交會
移動床流における河床形状と流体抵抗
北海道大学工学部研究報告 1973
- 3) 岸 力 黒木 幹男
沖積河川における河道計画に関する研究
北海道大学 1990.3