

急流河川における生息場としての河床地形区分 RESEARCH ON CLASSIFICATION OF HABITAT IN MOUNTAIN RIVERS

野上 毅¹・渡邊 康玄²・長谷川 和義³
Takeshi NOGAMI, Yasuharu WATANABE and Kazuyoshi HASEGAWA

¹正会員 独立行政法人 北海道開発土木研究所 環境研究室 副室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 工博 独立行政法人 北海道開発土木研究所 河川研究室 室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

³正会員 工博 北海道大学大学院工学研究科 教授 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

Mountain rivers are very steep and sediment transportation occurs frequently. It is very difficult to prevent natural disaster on natural mountain rivers, whose forms tend to change. Therefore river works which had an impact on the environment, for example channel work, have been constructed. But mountain rivers have many pools, riffle and ecological variety. So we believe we can restore, rehabilitate and protect the river eco-system by using natural hydraulics features of mountain rivers. This report describes classification of habitat by longitudinal section. And it also describes relation between medium-scale bedforms.

Key Words : *habitat, mountain river, longitudinal section, field observation, river environment*

1. はじめに

河道の変動の激しい急流礫床河川において、河道を自然状態のまま維持することは極めて困難である。このため河道の維持という目的で、三面張護岸や流路工など環境へのインパクトの大きな工法がとられてきた。しかし瀬と淵が連続する自然な急流河川は、流れの場が多様であり、多種・多様な生物が生息し、一般的に良好な河川生態系が形成されている。河道維持工法においても、急流河川の水利的な特性を活用することにより、多様な流れの場をつくり、負の影響を最小にするあるいは逆に生態系を保全、復元していくプラスの効果を得ることが可能と考えられる。

河川生態学において河床地形と底生生物や魚類との関連は古くから調べられてきている¹⁾一方、河川工学において中規模河床形態の研究が進められてきている。本研究は急流な自然河川として群別川を例にとり、河川生態学における地形区分の観点より生息場としての河床地形を縦断的に分類し、河川工学における中規模河床形態との関連について検討を行ったものである。

2. 群別川における地形調査

(1) 流域の概要

対象とした群別川は北海道浜益村を流れる流路延長15.7km、流域面積33.9km²、河床勾配1/50~1/15の急流礫

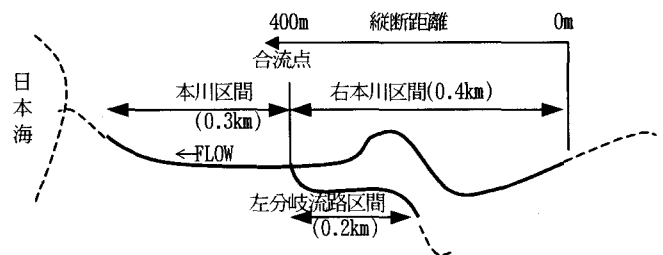


図-1 調査河川位置図

床河川である。調査区間は河口から約2km地点から3km地点の約1kmの区間で、図-1に示すように、左支川の合流点を境に区間を3等分した。以下、それぞれの区間を右本川区間、左支川区間、本川区間と呼ぶこととする。なお調査日(2000年11月)の調査区間における平均河床勾配は1/43、平均水面幅は7.6mであった。

(2) 調査概要

最初に1mメッシュで水深、流速、河床高、代表表面粒径(河床表面を形成する材料の内、代表的な1つの礫径を目視計測)などのデータを計測した。図-2は、メッシュデータによる水深の分布平面図を示す。次に、河道に砂礫が存在し植生が表面を覆っていない区間として、河道縦断ラインを設定し、水面部の横断方向平均データを算出した。以下、横断方向平均データなど、縦断的なデータを用いて検討を行った。

また底生生物や底生魚のすみかとして河床材料の隙間

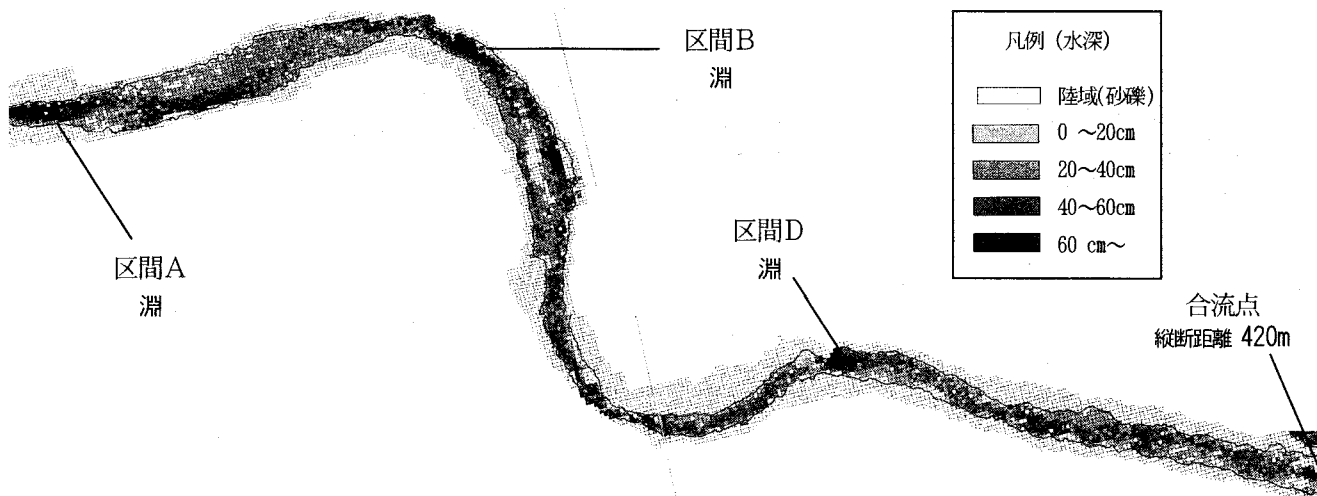


図-2 右本川区間の平面メッシュ図 (水深)

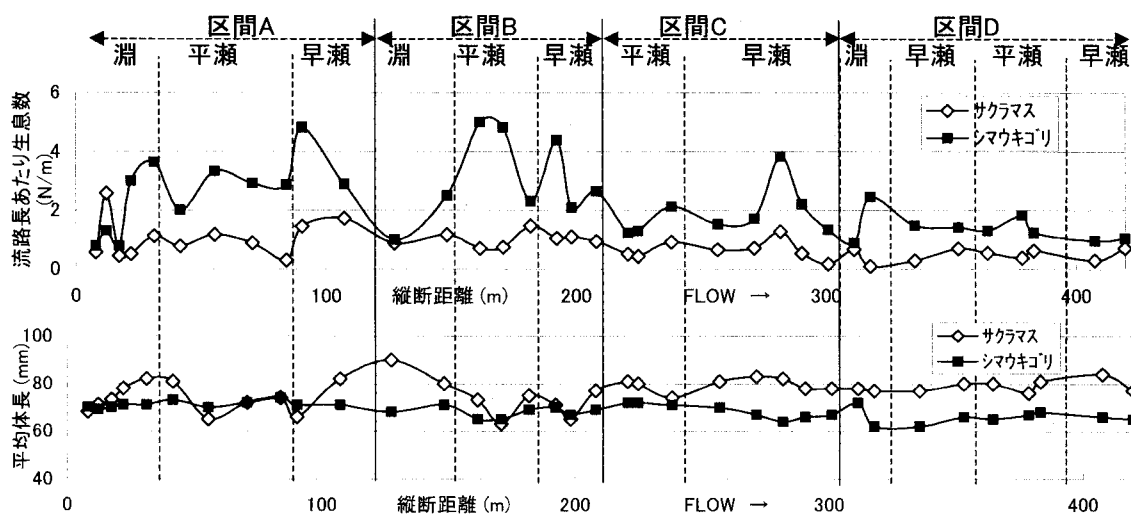


図-5 右本川区間の魚類生息数と平均体長の縦断分布

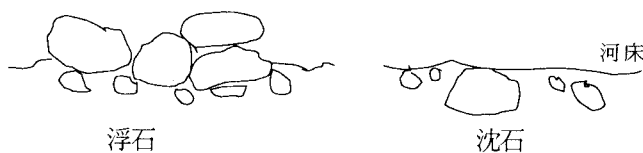


図-3 浮石, 沈石の違い

が重要であることから、メッシュ毎に代表的な1つの礫が浮石か沈石か(図-3)について調べている。

(3) 河床地形の縦断的分類と魚類分布

右本川区間において、河床地形を水野ら¹⁾にならって区分することとする。図-4は、調査時における水面下の横断方向平均河床高と水面高の縦断分布を示したものである。この結果を用いて、淵、平瀬、早瀬の3タイプに区分した。なお、水面勾配(I)が急なものを早瀬($I=1/23 \sim 1/30$)、緩いもののうち、凹状の河床形をしているものを淵($I=1/200 \sim 1/1000$)、平坦な河床のものを平瀬($I=1/50 \sim 1/100$)とした。

また地形調査と同時期の2000年11月に潜水およびタモ

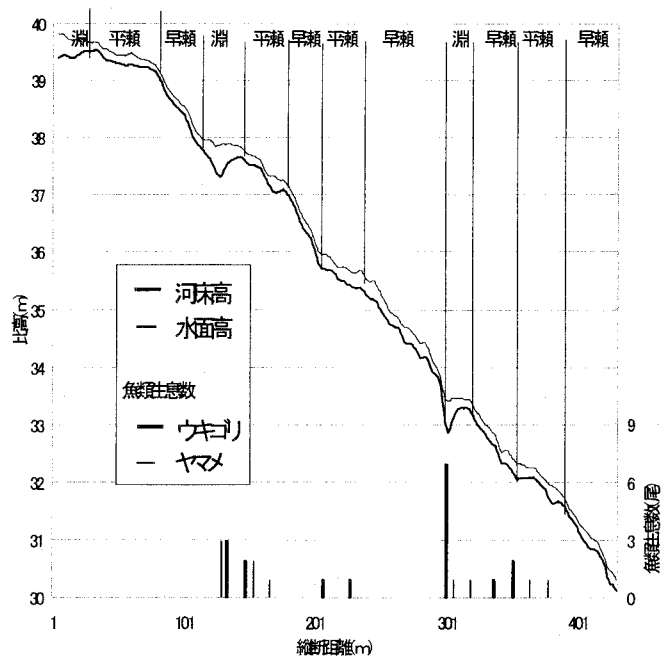


図-4 右本川区間の縦断図

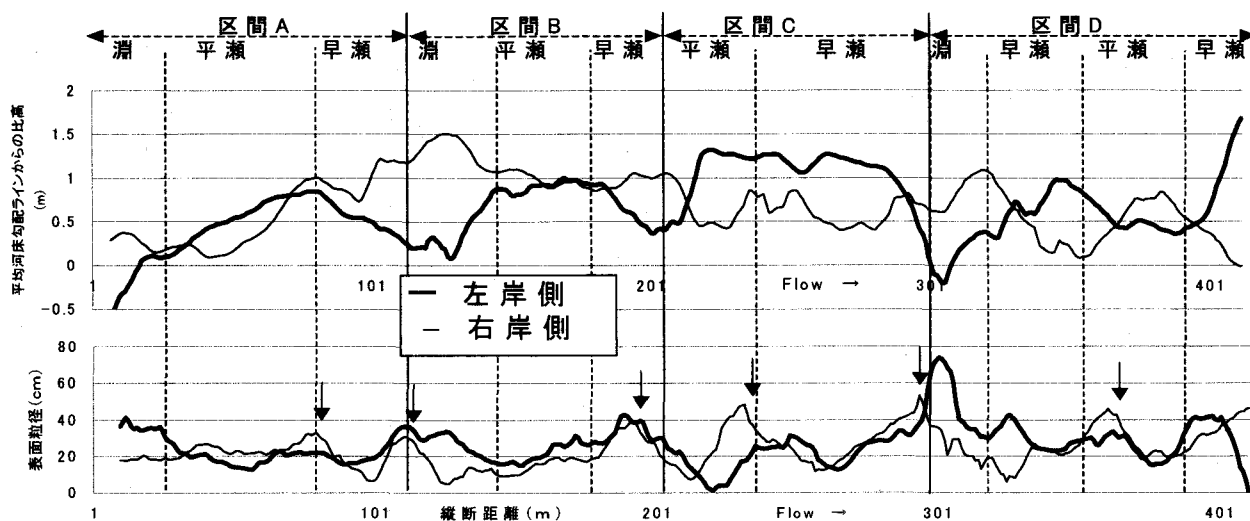


図-7 右本川区間の河床縦断と粒径の縦断分布 (河道中心線から概ね4m右岸側, 4m左岸側の局所量)

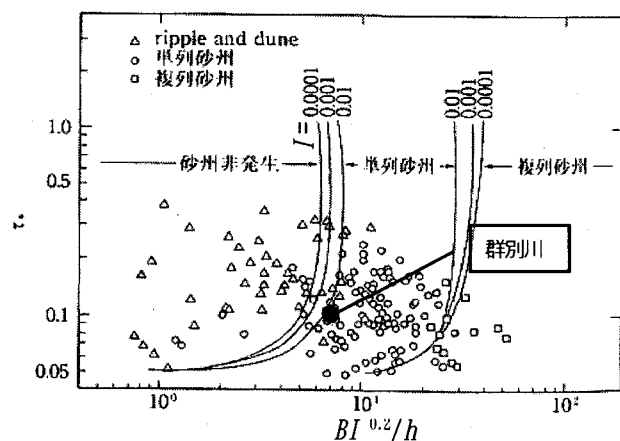


図-6 右本川区間の河床形態(文献2に加筆)

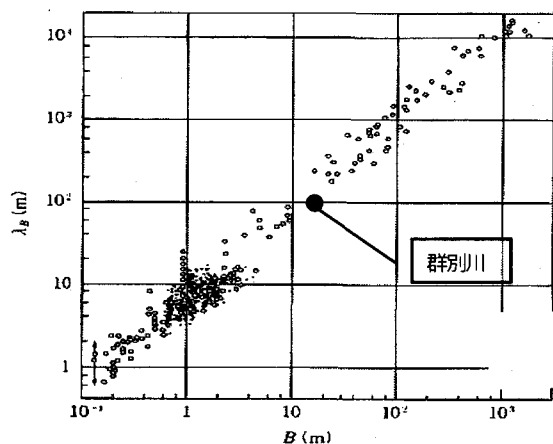


図-8 半波長 (λ_B) と川幅 (B) の関係 (文献3に加筆)

網を用いて魚類調査を実施した。図-4に示すように、下流側の淵に7尾のシマウキゴリがいたほか、サクラマス(ヤマメ)も淵や平瀬で確認された。

また2001年9月に仕切網、エレクトロフィッシャー、タモ網等を用いて3回の繰り返し採捕による魚類調査を行った結果、合計採捕尾数の26%($N=565$)をシマウキゴリが占

め、72%($N=1583$)をサクラマスが占めていた。図-5は、その調査結果であり、流路長あたりの合計採捕尾数(生息数)の縦断分布を示す。調査結果より底生性魚類であるシマウキゴリは早瀬や平瀬に多く分布する傾向がみられる。また遊泳魚であるサクラマスは、シマウキゴリと比較して地形区分による分布の違いがあまりみられなかった。またシマウキゴリの平均体長は地形区分による差は少なかった一方、サクラマスの平均体長は区間Aと区間Bの淵において大きい傾向がみられた。

11月の調査と9月の調査とでシマウキゴリの生息場が異なっている理由は、11月の調査が簡易な手法であり確認数が少ないため明確にはいえないが、季節により生息場を変えていることを示しているとも考えられる。

このように群別川においても河床地形と魚類の生息とは密接な関連がみられる。

(4) 河床地形区分と中規模河床形態との関連

群別川の検討区間においても、河川生態学の視点から典型的な河床区分の配列とされる淵-平瀬-早瀬の繰り返しが見られる。この淵-平瀬-早瀬を1サイクルとして上流側から区間A、区間B、区間C、区間Dとした。なお、今回の対象区間では区間Cにおいて淵の形成が認められない。区分によるそれぞれの縦断距離は18m~67mで、各区間の縦断距離の平均値は約36mであった。

この河床形状が形成された水理量が不明であるため、右本川区間の河床に形成されている地形を構成する最大粒径の限界掃流力($\tau_{*c}=0.05$)から、河床が形成された時の水理量を式(1)を用いて推定することとした。最大粒径(d_{max})が26cm、河床勾配(I)が0.021、河床材料の水中比重(s)が1.65であることから、水深(h)は1.0mと推定される。

$$\tau_* \approx \tau_{*c} = \frac{hI}{sd_{max}} \quad (1)$$

一方、区間の平均的な水面幅(B)は横断形より15mと判断される。中規模河床形態の形成領域区分²⁾により形成され

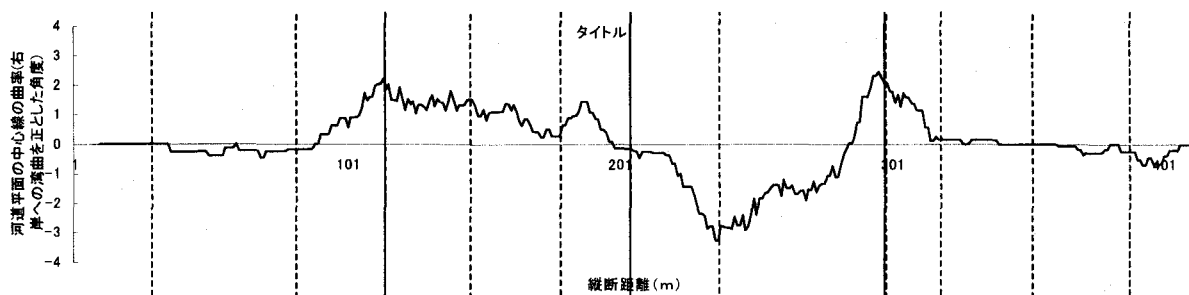


図-9 右本川区間の河道中心線の曲率分布

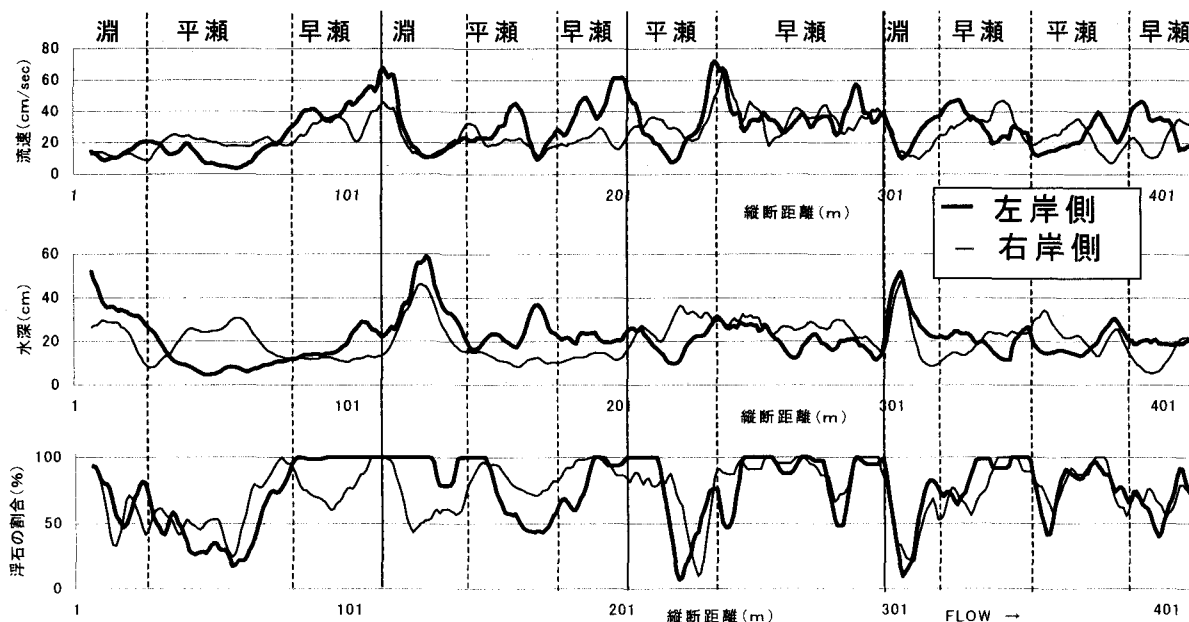


図-10 右本川区間の流速、水深、浮石の割合の縦断分布（河道中心線から右岸側、左岸側の平均量）

る河床形態を調べると、図-6に示すように単列砂州領域にあることがわかる。

単列砂州河川では、右岸側と左岸側の縦断形が砂州の波長毎に上下する。図-7は、右本川区間において河道中心線から左右岸に概ね4m離れた位置の河床高縦断分布および代表表面粒径の縦断分布を示したものである。なお、図-4で区分した区間を併記している。区間A～Dにはそれぞれ砂州1対が形成していることが読み取れる。交互砂州の波長には川幅と明確な関係がある。図-8は砂州半波長と川幅の関係を示したものである³⁾が、群別川で認められる砂州の半波長100mと川幅15mは、この関係に一致する。また図-7の左岸と右岸の比高より平均砂州波高(z)を求めると約1.2mとなり、道内河川の砂州波高を調べて求めた経験式(2)⁴⁾より求めた計算値 1.1mとほぼ一致する。

$$\frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right) = 0.939x^2 - 0.27x + 0.096 \quad (2)$$

$$\text{ここで} \quad x = \log_{10} \left(\frac{BI^{0.2}}{h} \right)$$

長谷川ら^{5,6)}によれば、交互分級波の存在により、交互砂州1波長（群別川では200m）の区間に平均粒径の縦断変

化が2～3周期存在するとされている。群別川の検討区間においても、図-7における河床材料の粒径変化には、この関係が存在しているようである。

このように、群別川の河床形状は、出水時に形成された中規模河床形態が支配的なものとなっていると言える。出水時に交互砂州が形成され、通常時の流れは形成された河床の低い箇所を通ることを考えると、形成される砂州の向きが変化する箇所が早瀬、砂州による洗掘箇所が淵、それに続く砂州の前縁に沿った箇所が平瀬とそれぞれ対応する。区間Cにおいて淵の形成が認められないことは、左岸に付く砂州の形成が弱かったことに起因していると判断される。このように沖積河川における単列砂州ほど規則性はみられないものの、河床地形の縦断区分のベースとなる縦断形が中規模河床形態と密接に関連していることがわかる。

図-9は河道中心線の曲率分布を示しており、これからも蛇行半波長がほぼ100mピッチであることがわかる。

(5) 各地形区分の特徴とデータ単位の検討

図-10は流速、水深、浮石の割合の縦断分布を示す。流速のピークが早瀬でみられ、水深のピークが淵でみられ

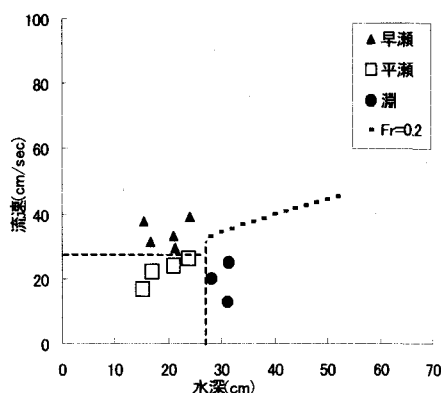


図-11 右本川区間における地形区分毎の水深と流速

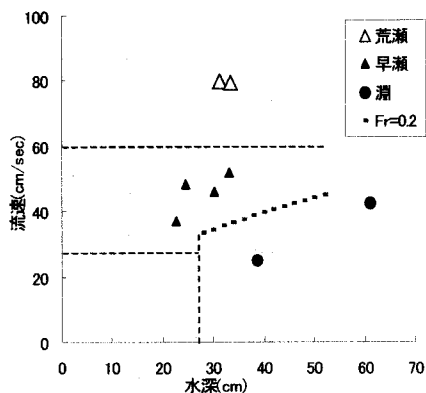


図-12 本川区間における水深と流速

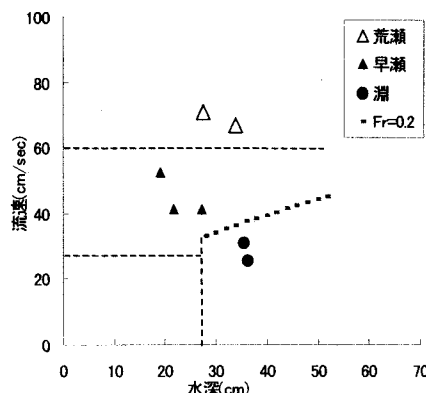


図-13 左分岐流路区間における水深と流速

表-1 河床地形区分別の水理条件

荒瀬	流速 >60cm/sec
早瀬	流速 >28cm/sec, フルード数>0.2
平瀬	流速 <28cm/sec, 水深 <28cm
淵	フルード数 <0.2, 水深 >28cm

る。また浮石の割合は早瀬で大きく、平瀬や淵で小さいことがわかる。

図-11は地形区分毎に平均した水深と流速を示した図である。これより調査時における早瀬の流速は28cm/sec以上、淵の流速および水深はそれぞれ28cm/sec以下および28cm以上、平瀬の流速および水深はそれぞれ28cm/sec以下および28cm以下であった。同様に図-12, 13に示すように、左分岐流路区間、本川区間についても検討した結果、右本川の結果と異なり、平瀬がほとんどなく、多くが早瀬であった。これらの結果も踏まえ、早瀬のうち流速の速いものを荒瀬として区分し、流速、水深条件で区分条件を整理した結果、表-1に示すとおり流速>60cm/secのものを荒瀬、流速>28cm/secかつフルード数>0.2のものを早瀬、流速<28cm/secかつ水深<28cmのものを平瀬、フルード数<0.2かつ水深>28cmのものを淵とした。

表-2は河床地形区分毎に水理量の平均を算出したものである。3区間の平均をみると、河床地形区分を流速、水深によって分類しているため、流速、水深によってその違いは当然ながら明確である。また水面勾配については荒瀬、早瀬では0.032, 0.027と近い値であるが、平瀬で0.016、淵で0.001と明瞭に異なっている。粒径については荒瀬、早瀬で34cm, 31cmと平瀬、淵の25cmと比較して、大きい傾向がみられる。また水面幅は平瀬において8.5mと広がっている一方、淵では6.4mと狭い傾向がある。

次に河川地形や水理量と河川生態系との関連を把握する調査において望ましい調査間隔は、明確ではない。そのためここでは、河川地形が判別できるデータ平均化の限界はどの程度かについて、最も変化に富んでいる右本川区間において検討した。

図-14は、平均化するデータ単位 (ピッチ) を変えて、平均水深、平均流速および表-1の条件による地形区分の

表-2 地形区分毎の平均水理量

		流量 m ³ /sec	合計距離 離 m	水面勾配	水深 cm	流速 cm/sec	Fr	粒径 cm	浮石の割合	水面幅 m
右本川 区間	荒瀬									
	早瀬		170	0.033	21	37	0.27	28	87	5.3
	平瀬		190	0.015	19	22	0.17	24	66	8.5
	淵		40	0.001	36	13	0.07	28	62	5.4
	平均	0.4	400	0.021	22	27	0.20	26	75	6.8
左分岐 流路区 間	荒瀬		60	0.039	30	69	0.41	35	43	5.9
	早瀬		130	0.029	24	46	0.32	28	42	7.3
	平瀬		10	0.024	24	26	0.19	29	38	9.3
	淵		10	0.001	38	30	0.16	17	86	8.7
	平均	1.1	210	0.030	26	51	0.33	29	44	7.1
本川区 間	荒瀬		70	0.027	33	74	0.42	32	69	8.9
	早瀬		200	0.020	29	46	0.28	34	83	9.4
	平瀬									
	淵		30	0.003	56	37	0.16	23	63	6.9
	平均	1.9	300	0.020	33	51	0.29	33	78	9.0
3区間 の平均	荒瀬		130	0.032	32	72	0.42	34	57	7.5
	早瀬		500	0.027	25	43	0.29	31	74	7.5
	平瀬		200	0.016	19	22	0.17	25	65	8.5
	淵		80	0.001	44	24	0.12	25	65	6.4
	平均									

縦断分布を示している。まず淵に着目すると、40mピッチの平均データでは、淵として区分されるデータがなくなっており、30mが平均データとして限界であることがわかる。この値は砂州の半波長に3つの地形区分が含まれていることから、半波長100mの1/3に相当し、図-8より式(3)に示すように川幅とも関連する値である。

$$\frac{\lambda_B}{3} = \frac{7B}{3} \approx 2.3B \quad (3)$$

また図-4による地形区分の平均縦断長さが約36mであることにほぼ一致している。

次に瀬に着目すると、30mおよび20mでは平瀬と早瀬の区分が、図-4による地形区分と合わない箇所が生じるなどの点で10mの方が望ましいといえる。これは川幅程度の長さとなっている。通常、交互砂州が形成されている河床の縦断形を把握するためには、川幅程度の縦断間隔データを用いるが、このことと一致している。

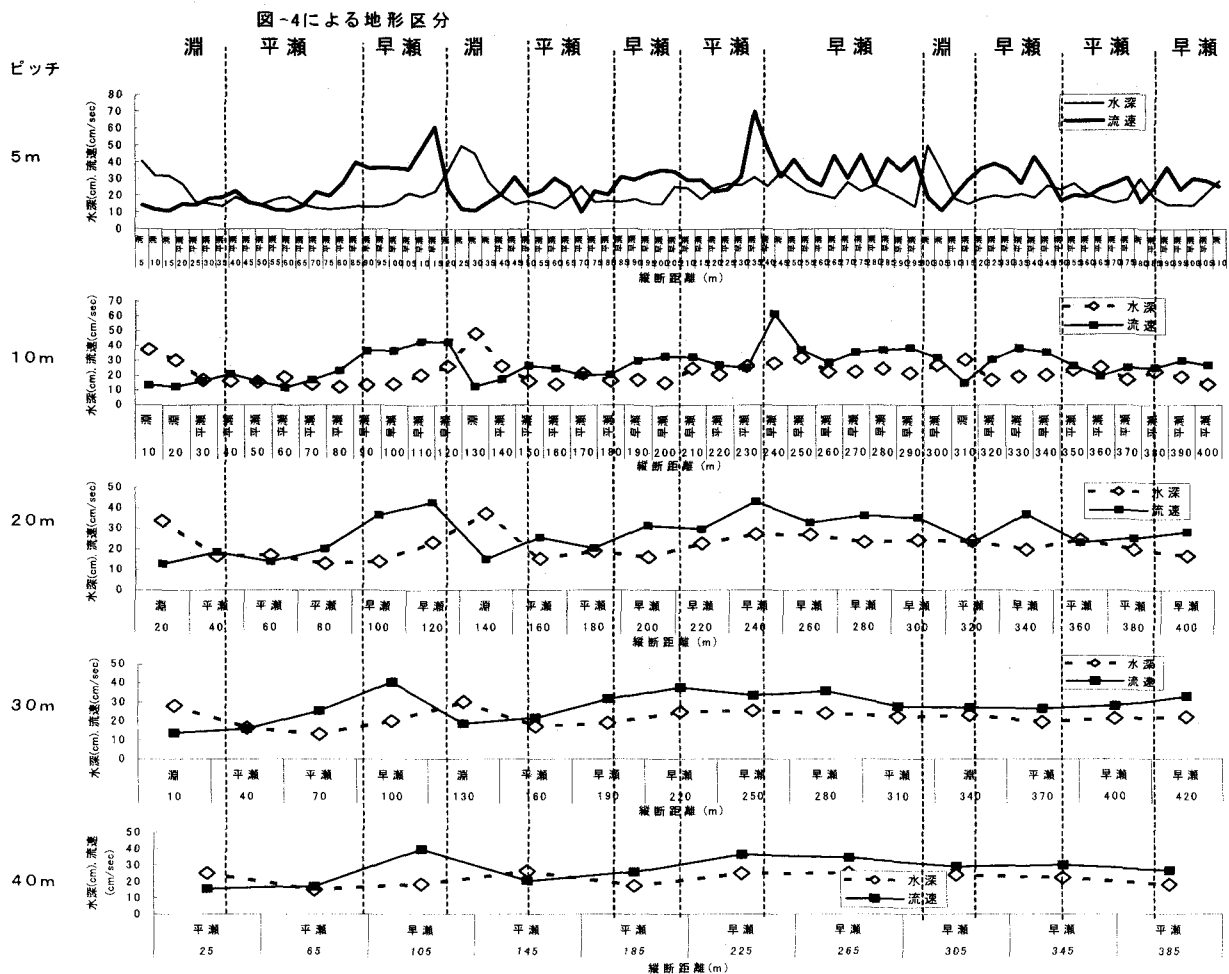


図-14 右本川区間におけるデータ単位別の平均水深、平均流速、地形区分の縦断分布

3. 結論

- 1) 本報告では急流礫床河川である群別川において、縦断図による区分つまり水面勾配、河床の凹凸からの河床地形の区分を行い、早瀬-平瀬-淵の1サイクルが単列交互砂州の半波長とほぼ一致している点を、河床形状の形成時の水理量の把握および右岸側と左岸側の縦断形などから検討した。沖積河川における単列砂州ほど規則性はみられないものの、河床地形の縦断区分のベースとなる縦断形が中規模河床形態における単列砂州領域の河床形態と密接に関連していることを明らかにした。
- 2) 縦断図による地形区分毎に水深、流速分布図を作成し、流量の異なる3区間の比較と各種水理量の特徴について検討を行った。また河川地形が判別できるデータ平均化の限界について検討し、川幅程度の縦断間隔データが必要であることを明らかにした。

謝辞：本研究の一部は平成13年度国土交通省北海道開発局受託研究の補助を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 水野信彦, 御勢久右衛門：河川の生態学, 築地書館, 1972.
- 2) 岸力, 黒木幹男：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, pp87, 1984
- 3) 土木学会：水理公式集, 図2-5.21, pp185, 1999
- 4) 渡邊康玄：沖積地河川の河道維持に関する研究, 開発土木研究所報告, 第105号, 1994
- 5) 藤田豊彦, 長谷川和義, 目黒嗣樹, 竜沢宏昌：急勾配混合砂礫河床における中規模河床形態の領域区分, pp292, 土木学会北海道支部論文報告集, 第56号 (B), 1999
- 6) T. Fujita, H. Tatsuzawa & K. Hasegawa: Experimental reproduction and analyses of medium-scale bedforms in mountain rivers, I.A.H.R. Symposium on RIVER, COASTAL AND ESTUARINE MORPHODYNAMICS, 1999
- 7) 野上毅, 渡邊康玄, 中津川誠, 土屋進, 岩瀬晴夫, 渡辺恵三, 加村邦茂：真駒内川における底生魚類生息環境の改善についての現地実験, 河川技術論文集vol.7, pp.309-314, Jun 2001.
- 8) 桜井善雄, 市川新, 土屋十郎：都市の中に生きた水辺を, 信山社サイテック, 1996.

(2001. 10. 1受付)