

河川汽水域における河道形状と 干潟分布に関する分析

国土技術政策総合研究所河川環境研究室

○大沼克弘、遠藤希実、天野邦彦

背景・目的

- ・環境に配慮した治水対策(川幅拡幅or河道掘削)、適切な河道管理(持続可能な河道掘削、干潟造成等)を行うためには、**河道形成機構**に関する研究の進展が必要
- ・干潟は環境上も重要な役割

河川汽水域の河道形成に大きな影響を及ぼす可能性がある要因

- ・**洪水流(中規模河床形態、湾曲部の二次流)**
- ・潮汐(潮汐が大きい有明海流入河川では影響が大きい?)
- ・波浪(河口砂州)
- ・汽水の存在によるフロキュレーションによる沈降速度増大による細粒分の堆積等

特徴の異なる様々な河川を対象(潮汐の大小、波浪の大小、流量の大小)

本研究では、河道形状の骨格は洪水流が規定することを裏付けることを目的として、16河川の汽水域を対象に河道形状や河口干潟の分布パターンについて整理・分析し、直線的な河道では骨格的な河道形状は中規模河床形態で概ね説明がつかうことを示し、単列砂州と複列砂州等の領域区分等について既往の研究成果と比較した。

対象河川・対象区間

対象河川(16河川)選定の視点

- ①様々な特徴の河川をできるだけ網羅する
- ②干潟が多い河川を優先する
- ③地域のバランスを考慮

一級河川109水系を対象に、汽水域環境に大きく影響を与えていると考えられる河川・海洋の物理環境指標を用いてクラスター解析により類型化

①については、既報「河川汽水域の環境管理技術確立のための全国一級水系の汽水域環境類型化」(岸田ら, 水工学論文集, 第54巻, 2011)で行っている汽水域の各類型があてはまるよう留意した。

物理指標: 平均年最大流量、河床勾配、潮汐差、波浪

対象河川

類型		特徴	地形形成要因による類型				
			均衡型	波浪型	潮汐型	流量型	勾配型
			外力が均衡している	波浪が大きい	潮汐が大きい	河川流量が多い	勾配が大きい
平常時の環境形成要因による類型	潮汐Ⅰ型	潮汐がやや大きい	名取川		多摩川, 庄内川, 紀の川, 重信川	揖斐川, 吉野川, 那賀川	
	潮汐Ⅱ型	潮汐が非常に大きい			太田川, 筑後川, 菊池川		
	流量Ⅰ型	河川流量がやや多い			淀川		
	流量Ⅱ型	勾配が緩く流量が多い		天塩川, 赤川			
	勾配型	勾配が大きい					黒部川, 物部川

物理指標: 単位幅当たり低水流量、河床勾配、潮位差

対象区間: 河川の汽水域を基本としているが、汽水域が10kmを越える場合は10kmまでを対象とし、3kmに満たない場合は3kmを対象

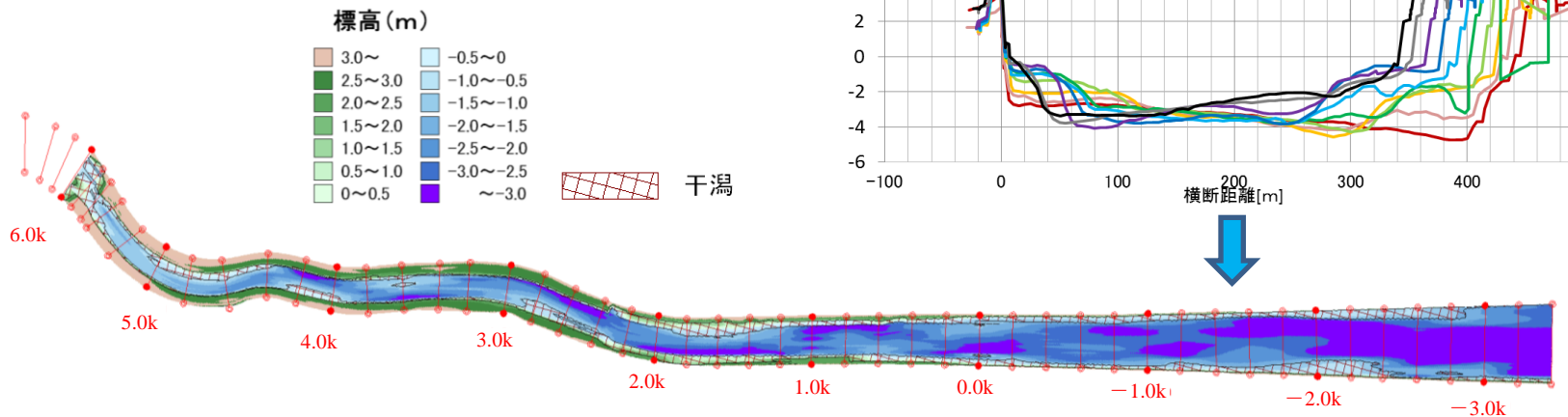
河道地形図の作成→砂州・干潟の分布パターン抽出

<作成方法>

既往の横断測量成果を使って、直線補間した標高値を持つデータを作成

<作成例>

太田川（放水路）



蛇行区間

→ポイントバー

直線区間

→単列砂州

砂州形態

河口干潟の分類

- ① 中規模河床形態(単列砂州、複列砂州等)
- ② 湾曲内岸のポイントバー
- ③ 川幅の急拡大による土砂堆積によるもの
- ④ 人工構造物によるもの
- ⑤ 河道掘削等の人為的影響によるもの

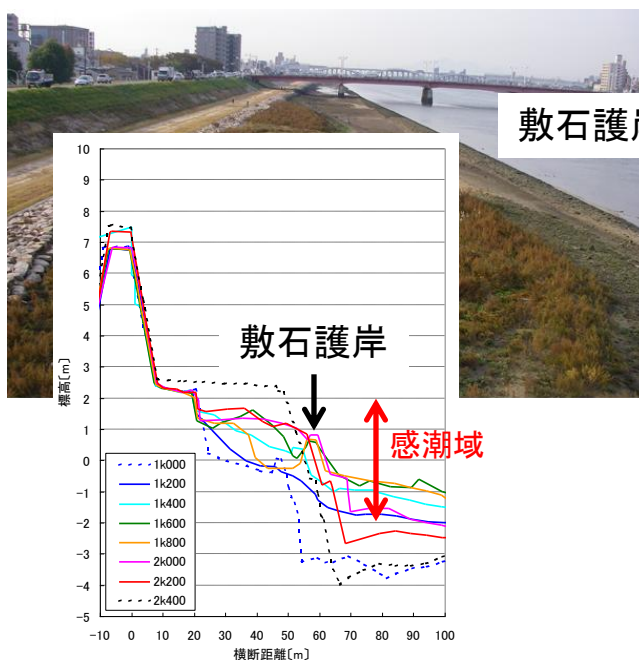


平面形状が直線的になっている区間を対象に、既存の研究から推定される砂州形態や砂州長と実態とを比較した

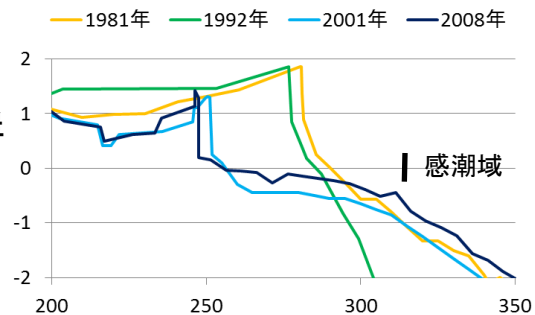
③の例(旧太田川)



④の例(太田川放水路)



⑤の例(天塩川7.8k)



河道掘削により河床が感潮域に入り、干潟化

分析のための諸量の算出方法

○対象区間

平面形状が直線的になっている区間を対象(蛇行区間は対象外)

○砂州形態の分類、砂州長の算出

河道地形図や横断測量成果を用いて、目視により砂州形態を分析し、単列砂州、複列砂州、砂州なしの区間に分類し、砂州長(Ls)を算出。

○水理諸量の算出

平均潮位を出発水位として、一次元不等流計算により平均年最大流量が流れた時の水位を算出し、その水位における水面幅を平均年最大流量時川幅(B)、水位と平均河床高の差を平均年最大流量時水深(H)とした。沈降速度 ω はRubeyの準理論式を用いて算出。

○分析結果の整理方法

砂州形態の相違により区間区分し、その区間ごとに諸量(川幅水深比、代表粒径、摩擦速度 u_* 等)の平均値を算出。ただし、その区間が3kmを越える場合は適宜区間を分割して分析。

砂州形態分類結果

河川	区間	砂州の実態	$I^{0.2}B/H$ 平均	u_*/ω 平均	土砂動態
天塩川	0~1.8k	砂州なし	7.82	0.51	掃流卓越
	2.0~3.8k	単列砂州	12.05	0.86	
	4.0~6.8k	単列砂州	10.94	0.97	
名取川	0~1.8k	単列砂州	33.61	1.41	掃流・浮遊混在
赤川	0~1.8k	砂州なし	8.48	1.73	掃流・浮遊混在~浮遊卓越
多摩川	0~1.8k	複列砂州	37.32	1.66	掃流・浮遊混在
	2.0~4.0k	単列砂州	28.15	0.44	掃流卓越
黒部川	0~3.0k	複列砂州	149.14	0.17	掃流卓越
庄内川	0~3.0k	単列砂州	23.44	2.27	浮遊卓越
	3.2~4.6k	砂州なし	10.21	2.12	浮遊卓越
	4.8~7.0k	単列砂州	10.92	2.38	浮遊卓越
揖斐川	3.2~6.8k	単列砂州	11.89	1.39	掃流・浮遊混在
淀川	0~1.8k	砂州なし	37.20	1.59	掃流・浮遊混在~浮遊卓越
	2.0~4.4k	複列砂州	30.89	1.71	掃流・浮遊混在~浮遊卓越
	4.6~7.6k	単列砂州	21.66	0.98	浮遊卓越
紀の川	0~2.0k	単列砂州	21.07	1.02	掃流卓越
太田川	-3.4~-0.4k	単列砂州	23.32	1.05	掃流卓越~掃流・浮遊混在
	-0.2~2.0k	単列砂州	13.69	1.27	掃流・浮遊混在
吉野川	0~3.8k	複列砂州	42.19	3.17	浮遊卓越
	4.0~6.6k	複列砂州	32.67	1.68	掃流・浮遊混在~浮遊卓越
	6.8~7.4k	単列砂州	29.88	1.20	掃流・浮遊混在
那賀川	0~2.8k	複列砂州	42.22	0.48	掃流卓越
	3.0k~5.8k	単列砂州	25.82	0.38	掃流卓越
重信川	0~0.8k	複列砂州	86.49	0.29	掃流卓越
	1.0k~1.8k	単列砂州	31.48	0.30	掃流卓越
物部川	0~3.0k	複列砂州	50.40	0.26	掃流卓越
筑後川	-1.4~-0.6k	複列砂州	70.98	0.65	掃流卓越
	-0.4~3.0k	単列砂州	33.78	1.05	掃流卓越~掃流・浮遊混在
	3.2~5.8k	砂州なし	17.22	1.39	掃流・浮遊混在
菊池川	0~2.6k	単列砂州	34.27	0.76	掃流卓越

u_*/ω に基づく土砂動態推定

~1.08: 掃流卓越

1.08~1.67: 掃流・浮遊混在

1.67~: 浮遊卓越

中規模河床形態の領域区分に関する既往研究と 本研究における分析・整理方針

中規模河床形態の領域区分に関する既往研究

●黒木らは、広矩形直線流路における中規模河床形態の形成領域区分及び発生機構について理論的な検討を行い、掃流砂を対象に解析した結果から得られた形成領域区分を集約して、実用的な領域区分図を提案している。

●無次元掃流力が0.1より大きい場合は簡略化して $I^{0.2}B/H$ により区分できる

～7: 砂州非発生領域

7～30: 単列砂州領域

30～: 複列砂州領域



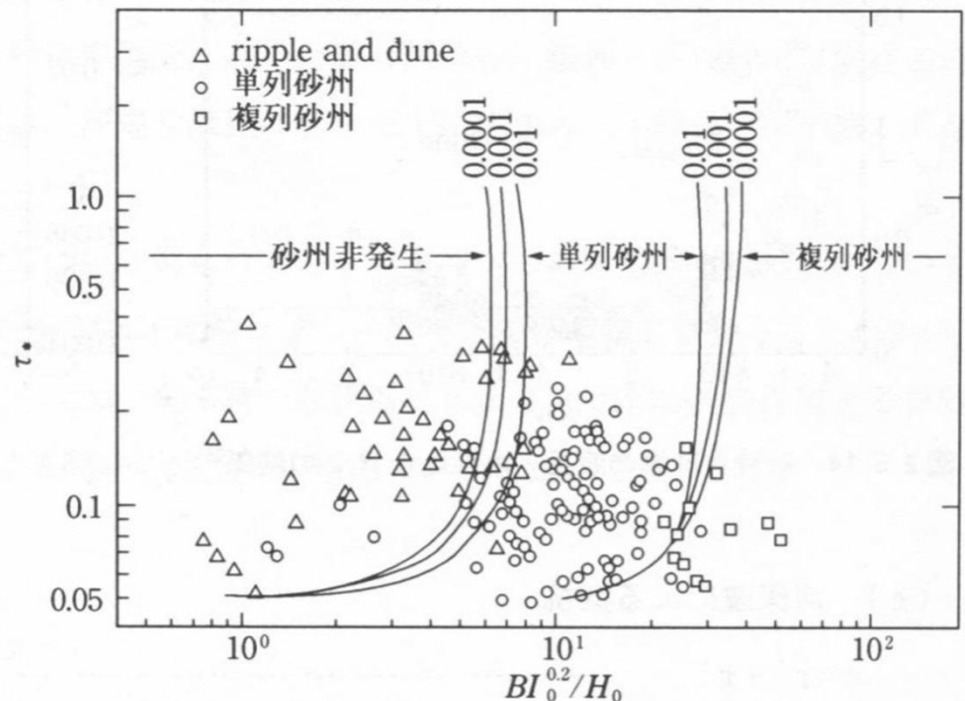
本研究における分析・整理方針

● $\tau_* > 0.1$ (黒部川、重信川、物部川)

黒木らの領域区分図に落として整理

● $\tau_* < 0.1$

$I^{0.2}B/H$ を軸として整理



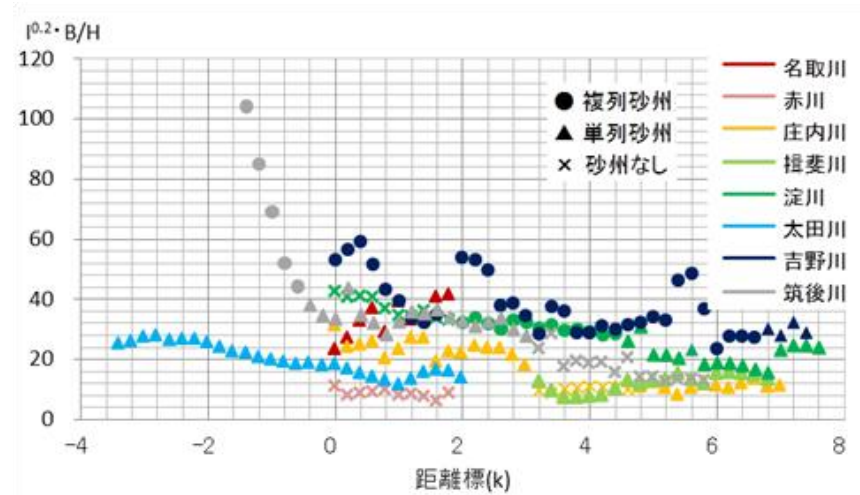
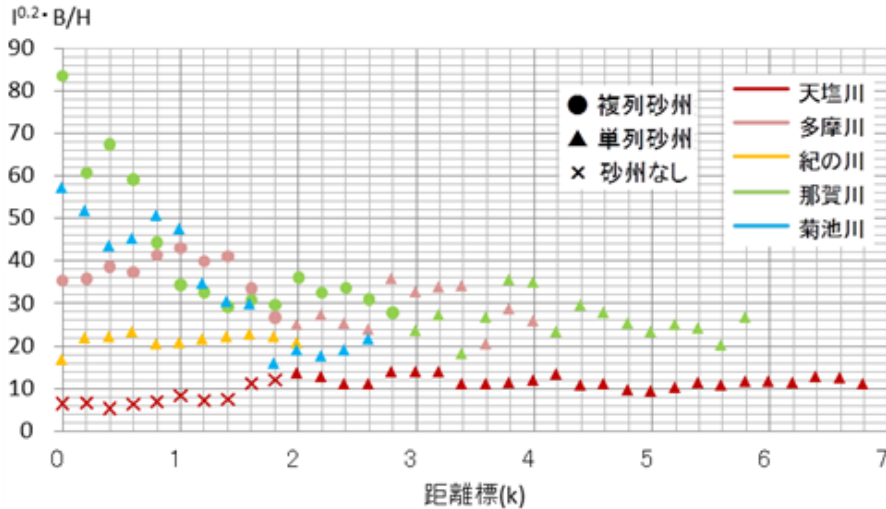
黒木幹男, 岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文報告集, 第342号, 1984.

中規模河床形態に関する分析結果

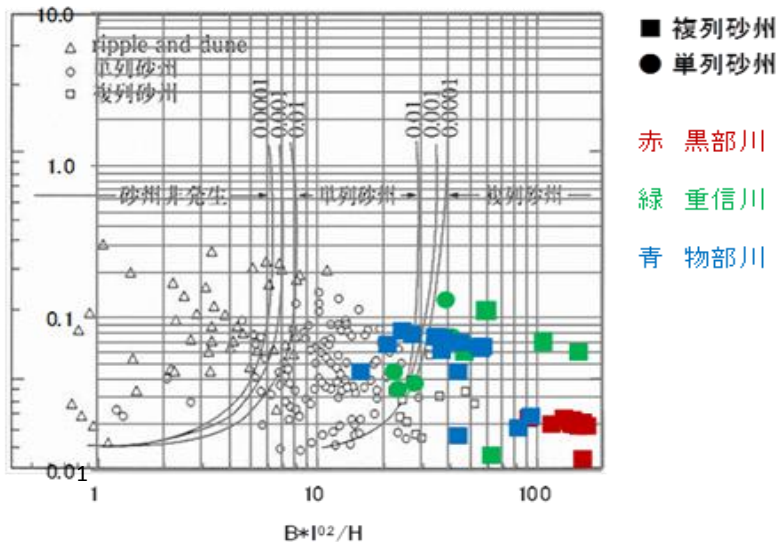
無次元掃流力0.1以上

掃流砂卓越領域が多い河川

それ以外の土砂動態が多い河川



無次元掃流力0.1以下



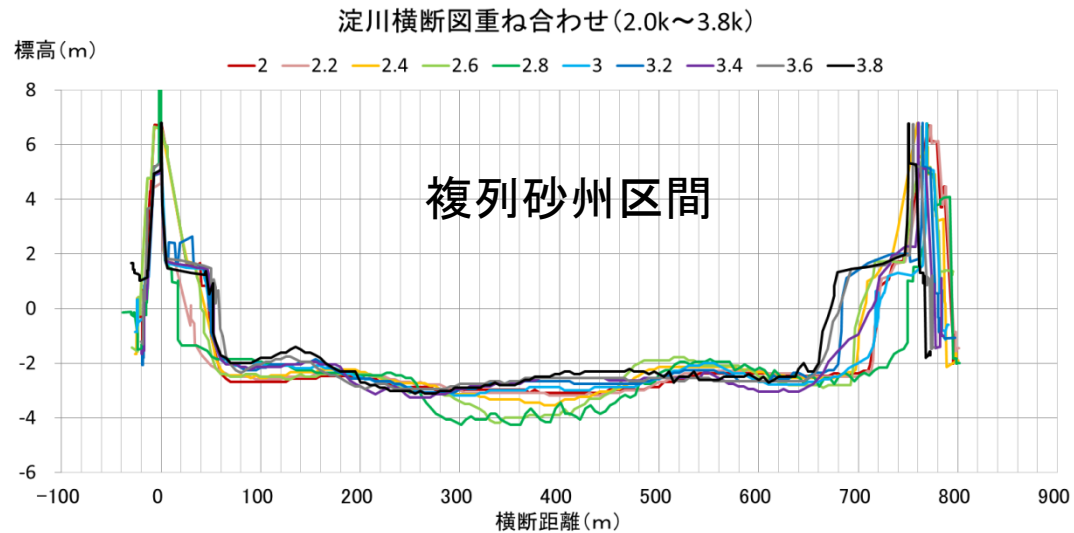
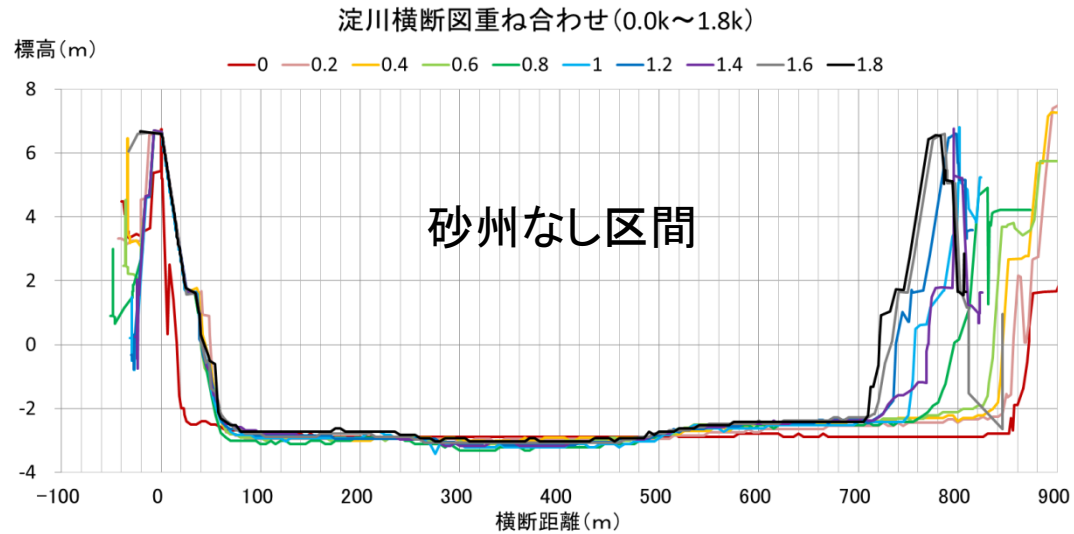
<上段の図について>

- ・黒木らが示した、砂州非発生と単列砂州の境界7、単列砂州と複列砂州の境界30より、やや高い値で領域区分ができそう。
- ・黒木らは掃流砂が卓越する領域を対象に理論構築を行っているが、そうではない河川についても結果的には適合性は悪くない。
- ・領域区分からの乖離が大きい区間は菊池川の0.0~1.0k、筑後川の3.2~5.8kの有明海流入2河川、淀川の0.0~1.8kが挙げられる。
- ・潮汐差が最も大きい部類に入る有明海に流入する河川は潮汐等平時の影響もあるか？

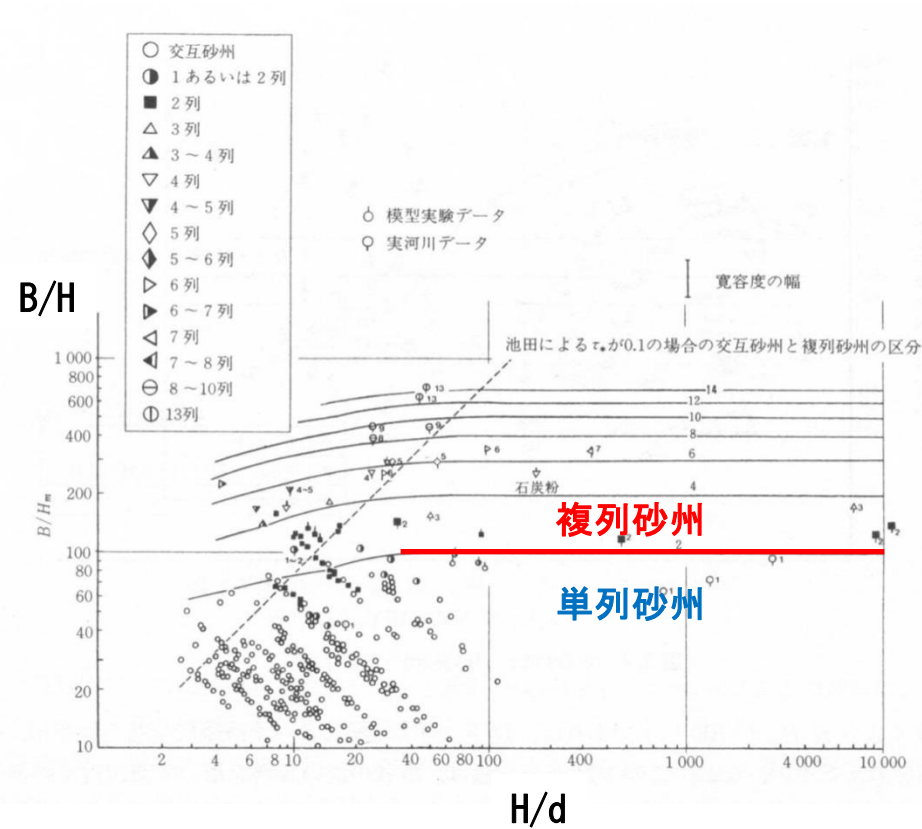
<下段の図について>

- ・概ね適合性は良い。
- ・物部川の1.8kより上流で単列砂州領域でありながら実態は複列砂州となっているところが散見されるが、その区間は汽水域ではない。

淀川の砂州なし区間は、微妙に複列砂州のような形状になっており、砂州の高さが小さい複列砂州ととれなくもない

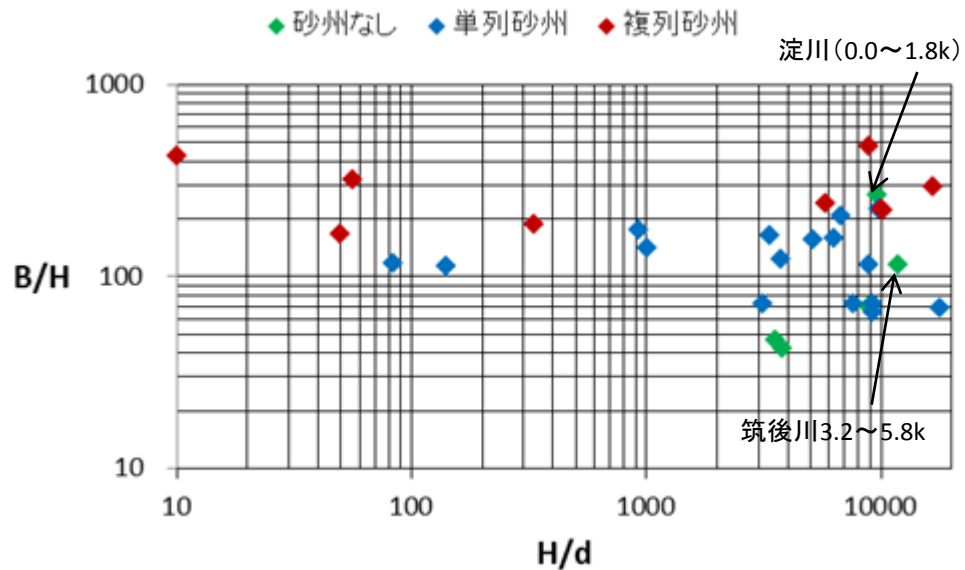


砂州の形態と川幅水深比との関係についての既往研究との比較



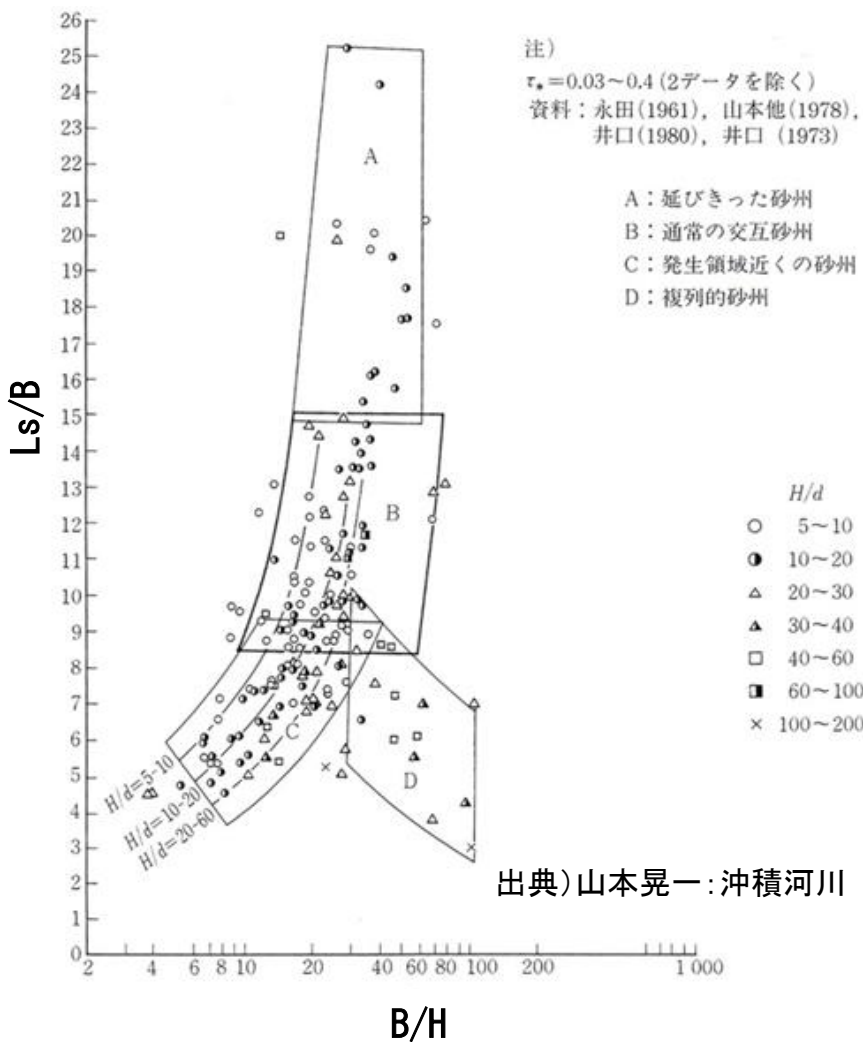
出典)山本晃一:沖積河川

↓表-2の区間ごとに平均値を算出し、整理したもの

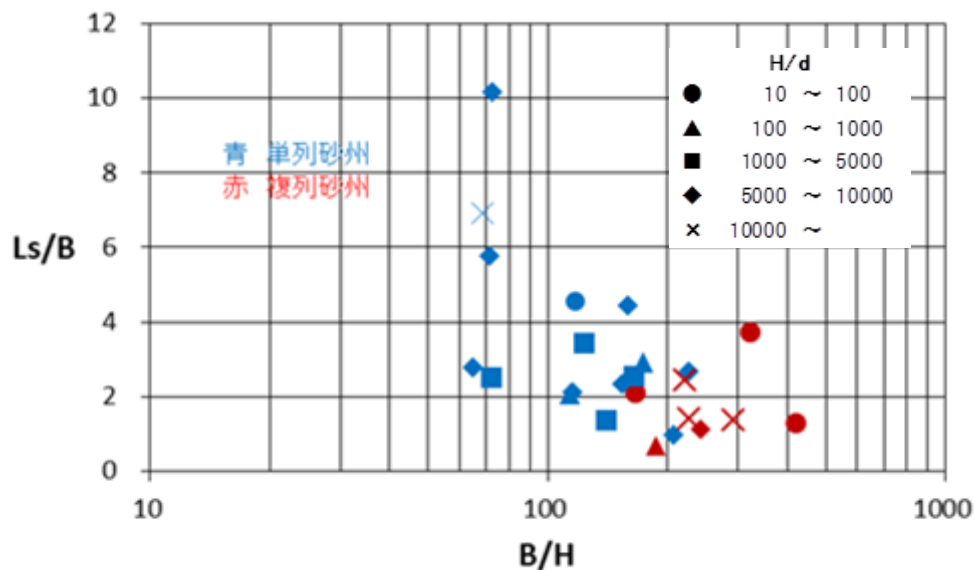


本研究における単列砂州と複列砂州の境界は、B/Hが200程度となっており、山本の研究結果の約2倍となっているもののB/Hと砂州形態との関係は明瞭。

砂州長川幅比についての既往研究との比較



↓表-2の区間ごとに平均値を算出し、整理したもの



本研究では、全体的に砂州長川幅比が小さい。

→左図については、実験水路によりまとまった時間一定量通水しているため、流量が波形を持っている実河川での本研究の分析結果に比べ砂州が長くなる傾向が出ると考えられる。

考察

<砂州形態の境界領域について>

- ・黒木らの研究による $I^{0.2}B/H$ や、山本らの研究による B/H の境界に比べ、本研究では境界値が高くなっている傾向が見られる。
- ・これは、これらの既往研究で挙げられている河川は、潮汐の影響を受けない礫床河川や自然堤防帯河川が中心となっていることと関係していると考えられる。すなわち、多くの河川(特に砂河川)では洪水の末期での流量が低減して水深が小さくなる過程においても砂州形成に影響を与えているのに対して、汽水域では潮汐の影響で水深があるレベルで下げ止まる河川が多いことも関連していると考えられる。
- ・本研究では、山本らの研究による B/H での境界からの乖離は、黒木らの研究による $I^{0.2}B/H$ での境界からの乖離に比べて大きかった。
- ・これは、山本らの研究で対象とした河川や実験水路に比べると、本研究で対象とした汽水域は河床勾配が緩いことと関係していると考えられる。すなわち、ここでとりあげた山本らの研究は黒木らの研究と異なり勾配を見込んでいないため、その成果を汽水域にあてはめる場合には注意を要するかもしれない。

<河道形状の形成機構について>

- ・平面形状が直線的な区間については、中規模河床形態の区分は平均年最大流量の川幅水深比やそれに河床勾配の0.2乗を乗じたものと関連が深いと言えそうである。このことは、潮汐の影響を受ける河川汽水域においても、その河道形状は出水による影響が大きいことを裏付けるものと考えられる。

まとめ

- ・平面形状が直線的な区間については、河道形状の骨格は出水時の中規模河床形態で概ね説明がつくことが示された。
- ・砂州形態の領域区分は、平均年最大流量時の $I^{0.2}B/H$ や B/H で相当説明がつくが、その境界値については既往の研究と比較すると大きな値(特に B/H について)となることがわかった。
- ・ただし、有明海に流入する河川については適用性が低かった。既往の横山らの研究成果を鑑みると、これらの河川は潮汐が地形に及ぼす影響も大きい可能性が高く、今後検討対象としてさらに広げていく必要がある。