

扇状地の中小河川における 部分拡幅工法の有効性

EFFECTIVENESS OF LOCAL RIVER WIDENING METHOD IN THE SMALL AND MEDIUM-SIZED RIVERS OF ALLUVIAL FANS

原田守啓¹・高岡広樹²・大石哲也²・萱場祐一³

Morihiro HARADA, Hiroki TAKAOKA, Tetsuya OISHI and Yuichi KAYABA

¹正会員 博(工) 岐阜大学 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

²正会員 博(工) (独) 土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

³正会員 博(工) (独) 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム (〒300-2621 茨城県つくば市南原1-6)

This paper aims at examination of the effectiveness in Japan of the “Local River Widening” method mainly tried in Europe. About the example site of the small and medium-sized rivers which flows through the Kiso-river fan, the follow-up survey was conducted to consider the geographical feature change process. A point-bar was formed through two flood term after construction in the site. In order to generalize the knowledge acquired from the case study, the virtual river channels of alluvial fans were set up, numerical analysis were performed on varying plane conditions. The pattern of geographical feature change was arranged by four types, and the formation factors of each type were considered by the results of analysis. The considerations with the development domain of bed forms were performed. It was suggested that the fall of average shear stress of the widening section caused formation of bar-like geographical feature.

Key Words : local river widening, point-bar, alluvial fan, small and medium sized-river, restoration

1. はじめに

我が国の河川延長の大部分を占める中小河川では、改修後の河床低下や瀬淵の消失など、治水と環境の両面から課題が指摘されている。流程に見あった河川地形（セグメントMにおける礫段・礫列、セグメント1における砂州など）による瀬淵構造と水際域が形成・維持されることが望ましい¹⁾が、中小河川の河道改修では、狭く深い単断面河道への改修が一般的に行われてきており²⁾、流程にみあった河川地形が保持されていない中小河川が多くみられる³⁾。人為的な河川断面の変更や河道の粗度が低下した結果、洪水時の流況が河床形態の発生領域に対して相対的に変化することが、その要因として示唆されている³⁾。さらに、河川生態系において重要な生息場である瀬淵と水際の保全という観点のみならず、洪水に対する河床の安定性の観点からも、適度な川幅を河道にもたせることの重要性が指摘できる。

しかしながら、我が国の中小河川延長の大部分は昭和50年代以降に集中的に改修が進められ²⁾、多くの河川では河川用地の設定を伴う一次改修を終えており、土地利

用が進んだ地域では、大規模な災害が発生したのちの改良復旧等の機会を除いて、川幅を拡幅する方向で再設定することが難しい。これらの状況に鑑み、筆者らは、川幅の拡幅が困難な川でも、瀬淵や水際を部分的に形成する工法の実用化に向けた取り組み⁴⁾を行ってきた。一方、河川に面した土地が公園など公共性の高い土地利用である場所や、開発が進んでいない場所など、一部の区間に限って河道を拡幅する操作が可能な状況は多いと考えられる。また、河川災害復旧の最新の技術基準⁵⁾では、景観及び自然環境関連法令における重要地域や水辺利用が期待される箇所では、災害復旧において、水辺の地形処理も含めた特別な配慮を行うこととしており、河川に面した土地も含めた一体的な空間形成が期待されている。

一部区間の河道拡幅を行うことは、欧州では部分拡幅工法（Local River Widening）として実施されている。部分拡幅は、礫床河川において、一部区間のみ低水路拡幅して流砂を堆積させ、河床高を回復しながら場の多様性を創出する手法とみなされている⁷⁾。本研究は、主に欧州で試行されている部分拡幅工法の我が国での有効性の検討を目的とし、まず、扇状地区間を流れる中小河川を

対象として、部分拡幅を行った際の河川地形の応答について検討した。木曽川扇状地を流れる中小河川を部分拡幅した事例について追跡調査を行い、地形変化過程を考察した。さらに、河床勾配の異なる仮想河道に異なる平面形で部分拡幅工法を適用した河床変動解析の結果に基づいて、扇状地区間における工法の有効性について検討した。

2. 方法

(1) 施工事例の追跡調査

新境川（岐阜県各務原市）は、木曽川北派川高水敷を流れる岐阜県管理河川である。当該区間の平均的な河床勾配は約1/380、低水路河床幅は約15mである。部分拡幅は、平成22年の出水期前に施工された。部分拡幅を行った区間では、右岸側が最大で河床幅の1.5倍程度まで拡幅され、拡幅部の河岸には侵食防止マットが敷設された。なお、当該区間の両岸は、公園用地として利用されており、部分拡幅を行った側は駐車場に面している。施工箇所の景観の経年変化を図-1に示す。

本事例について、河床形状、平面流況（流速及び水深の分布）、表層河床材料の平面分布についての現地調査を、平成26年9月に実施した。

(2) 仮想河道における数値実験

a) 数値実験の概要

施工事例の追跡調査から得られた知見を一般化するため、扇状地区間を流下する仮想的な直線河道を設定して、河川地形の形成に支配的な流量の条件下で河床変動計算を行い、地形変化の特徴と要因について検討した。

仮想河道は、扇状地区間の中小河川の河道特性を反映するため、以下の手順で設定した。基本形状は、改修済みの中小河川を想定して単断面の直線河道とした。低水路河床幅 B は10mに固定した。河床勾配 I_b は、扇状地区間の河床勾配をカバーすることを目的に、3通り（1/100, 1/200, 1/400）設定した。河床材料の代表粒径と検討対象流量は、実河川における河床勾配 I_b と、平均年最大流量時の平均水深 H_m 及び代表粒径 d_r との関係⁹⁾を参照し、3ケースの河床勾配に対して、実河川で成立する状況を設定した。流量 Q は、平均水深 H_m と、代表粒径 d_r に対応する河床の粗度係数をManning-Strickler式により仮定した等流計算により求めた（表-1）。

b) 部分拡幅工法の平面形状の設定

部分拡幅工法の平面形は、拡幅部分の河床幅を B_w として、部分拡幅区間の河床幅 B_w は2通り（ $B_w/B=1.5, 2.0$ ）、部分拡幅区間の延長 L_w は3通り（ $L_w/B=1.0, 2.0, 4.0$ ）とした（図-2）。拡幅部と一般部とのすり付け区間は、平面的に1:2の角度に設定した。これら6通りの平面形と3通りの河床勾配の組み合わせにより、計算ケースは合計21ケース（拡幅なし3、部分拡幅18）となる。



図-1 新境川施工箇所の景観の経年変化（下流側より）

表-1 仮想河道の河床勾配及び基本条件

河床勾配 I_b	低水路 河床幅 $B[m]$	等流水深 $H_m[m]$	代表粒径 $d_r[mm]$	流量 $Q[m^3/s]$	無次元 掃流力 τ^*
1/400	10	2.4	50	95	0.073
1/200	10	1.6	70	62	0.070
1/100	10	1.0	90	38	0.068

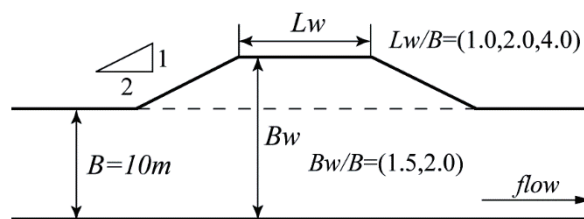


図-2 仮想河道に適用する部分拡幅工法の平面形状

c) 数値解析モデルの概要

解析には、水理解析ソフトiRIC2.3⁹⁾のNays2DHソルバーを用いた。河床材料は単一粒径とし、掃流砂のみを対象とした河床変動計算を行った。河床の粗度係数は、河床材料の粒径に対応した粗度係数を与えた。

境界条件は、下流端で等流水深を与え、上流端から所定の流量と等流計算に基づく平衡流砂量を与えた。計算時間は、平均年最大流量程度の出水を1回から数回蒙った状況を想定して、3時間（10,800秒）とした。各ケースの解析結果について、地形変化の傾向を整理するとともに、計算された水理量に基づいて、黒木・岸の中規模河

床形態の発生領域¹⁰⁾との比較を行った。

3. 施工事例追跡調査の結果と考察

(1) 現地調査結果

a) 施工後の出水履歴と地形変化の概況

当該区間は、部分拡幅工法の適用以前は、平瀬或いはトロが連続する単調な直線河道であった。

施工後2出水期を経たあたりで、拡幅した側の対岸に砂州が形成されはじめた。3出水期後の時点（図-1中段）では、平水時に常時水面より高い明瞭な州が形成され、不明瞭な2段の早瀬がみられるようになった。

平成25年7月と9月には河岸満杯に近い出水が発生し、右岸側（写真左手前）の洲が流失するとともに、砂州が変形して、砂州の前縁線に相当する箇所早瀬が、部分拡幅部下流端の水衝部に淵が形成された（図-1下段）。平成26年10月に再び河岸満杯となる出水が発生したが、河床形状にほとんど変化はみられなかった。このように、部分拡幅した側の対岸に、固定砂州状の地形が形成され、それに対応した瀬淵が創出されたことは、部分拡幅工法の効果と考えられる。

b) 地形変化後の流速・水深及び河床材料の分布

部分拡幅後の地形変化によって形成された瀬淵の物理場の多様性を評価することを目的とし、部分拡幅を行った箇所を中心とした約150m区間の滞筋を対象として、現地調査を行った。概ね平水時の状況の外観で、平瀬、早瀬、淵のユニット区分を行い、各ユニットの範囲の流速・水深・表層河床材料の面的な分布について調査した。設定したユニット区分を図-3に示す。

流速・水深は、各ユニット毎に横断側線を3断面設置して、断面上各点の水深及び6割水深流速を計測した。流速は3次元超音波流速計（SonTek社製FlowTracker3D）を用いて計測した。表層河床材料は、簡易な調査手法としてPebble count¹¹⁾をアレンジして試行した。各ユニット毎に、滞筋を横断しながら一定間隔で足元の河床を触り、最初に触れた材料の粒径区分を記録した。粒径区分は、砂(2mm以下)、細礫(2-4mm)、中礫1(4-16mm)、中礫2(16-32mm)、中礫3(32-64mm)、大礫1(64-128mm)、大礫2(128-256mm)とした。各ユニット100カウントするまで繰り返した。ユニット区分毎の流速・水深分布を図-4に、表層粒度構成を図-5に示す。

流速・水深の分布のうち、部分拡幅区間の上下流の平瀬1及び2は、流速0.6m/s以下、水深0.5m以下にまとまっている。平成15年にほぼ同じ区間の流心部で同様の調査¹²⁾が行われている。このときの流速は0.5m/s以下、水深は0.5m以下にプロットがまとまっており、平瀬については10年前の状況とほとんど変わらないようである。一方、図-4には水深が浅くて流れが早い早瀬、水深の深い淵が確認でき、これらは部分拡幅工法による物理場の多様性向上の効果として評価できる。しかしながら、一般的な

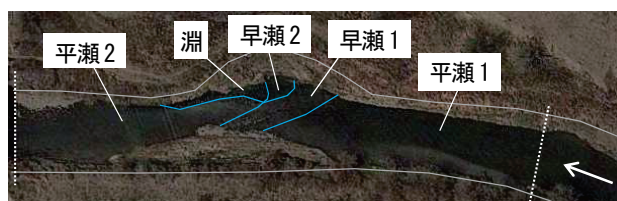


図-3 調査範囲及びユニット区分

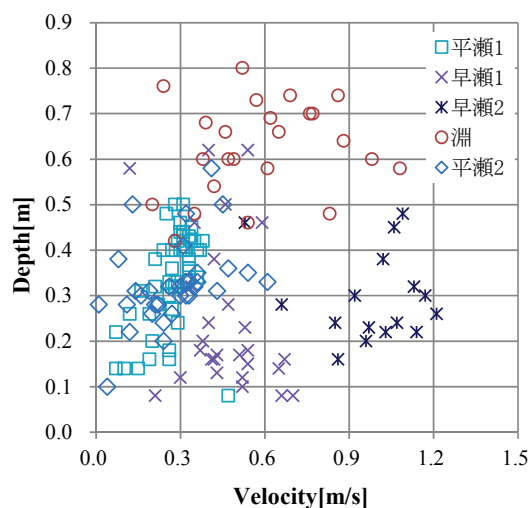


図-4 ユニット区分毎の流速・水深分布

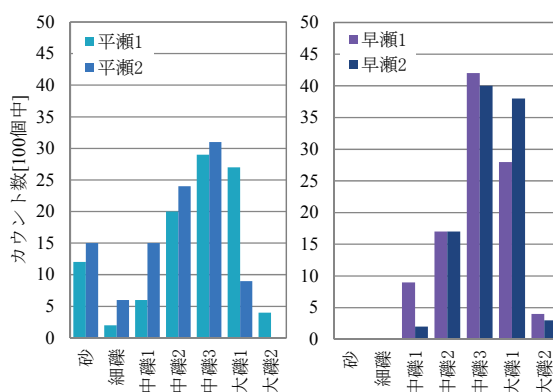


図-5 ユニット区分毎の表層粒度構成

砂州河道の瀬淵において確認される流速・水深のばらつき方¹²⁾と比べると、淵の流速が非常に大きいように思われる。現地での観察では、早瀬から右岸側に落ち込んだ流れが狭い深掘れ部（淵）に集中して流れており、調査時にその場に立つことが困難なほど、深く早い流れとなっていた。外観上は、砂州河道における瀬淵に近い地形が形成されているが、淵については流速が大きく、生息場としての機能は十分発揮されていない可能性がある。

表層河床材料の粒度構成は、平瀬と早瀬で明瞭な差がみられた（図-5）。早瀬は全体的に粗粒化しており、砂州河道における一般的な傾向と一致している。

(2) 出水時の水理量と中規模河床波発生領域の関係

新境川における部分拡幅によると考えられる地形変化の過程を考察するため、本調査地において地形変化が大きかった出水の流況を、黒木・岸の中規模河床形態の発生領域区分¹⁰⁾に照らして考察する。

本調査地では、部分拡幅後に、河岸満杯にせまる出水が3回発生している。その際の流量は、調査地上流の新那加橋水位観測所における推定流量を流域面積によって補正した結果より、 $100\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定されている。調査地の代表粒径 d_R を 48mm （中礫3としてカウントした $32\text{--}64\text{mm}$ の中央値）とし、仮想河道を設定するのと同様の等流計算によって $100\text{m}^3/\text{s}$ 流下時の水理量を求め、中規模河床波の発生領域区分との対応を確認した。

代表粒径に対する無次元掃流力 τ^* は 0.07 でなり、掃流砂としての移動が生じる下限近い状況である。幅水深比 B/H は 7.7 （ B/H^2 は 2.3 ）となり、黒木・岸の発生領域区分では、砂州非発生領域にあたる。このことから、部分拡幅を行う以前には、河岸満杯に近い流量でも、土砂の移動は見られるが砂州が発達しない河道であったと考えられ、部分拡幅以前には、平坦な河床形状が維持されていた事実と一致する。したがって、部分拡幅部分に固定砂州状の地形が形成された主な要因は、部分拡幅によるものであることが確認される。

次に、施工事例の追跡調査により得た知見を一般化するため、仮想河道における数値実験により、地形変化プロセスと水理量の関係について考察する。

4. 仮想河道数値実験の結果と考察

(1) 数値実験の結果

a) 地形変化のパターン

表-1の仮想河道に対して、図-2に示した部分拡幅を適用し、計21ケースの河道モデルに対して、それぞれ一定流量で3時間通水した後の河床変動量を、図-6に示す。河道モデルの延長は、川幅の10倍（ 100m ）としており、図-6には部分拡幅区間の前後のみ示している。

部分拡幅を行わなかった直線河道は、平坦河床のまま維持された。部分拡幅を行った河道では、全てのケースにおいて何らかの河床変動がみられた。地形変化のパターンは、河床勾配によって、また部分拡幅の平面形によって異なっていた。

図-6に示す通水後の河床形状と、河床変動の過程から、これらに共通する傾向を見出し、地形変化のパターンを、以下の4つに区分した。すなわち、①固定砂州：湾曲部内岸の固定砂州状の砂州が形成され、その後その形状が維持されるもの、②中洲形成：当初、固定砂州状の堆積部が発達するが、時間の経過に伴い砂州の形状が変化し、中洲を形成するもの、③拡幅部閉塞：当初、固定砂州状の堆積部が発達するが、時間の経過によって拡幅部に土砂が堆積していくもの、④変形砂州：②と③の中間的な形状で砂州の変形が継続しているもの、である。

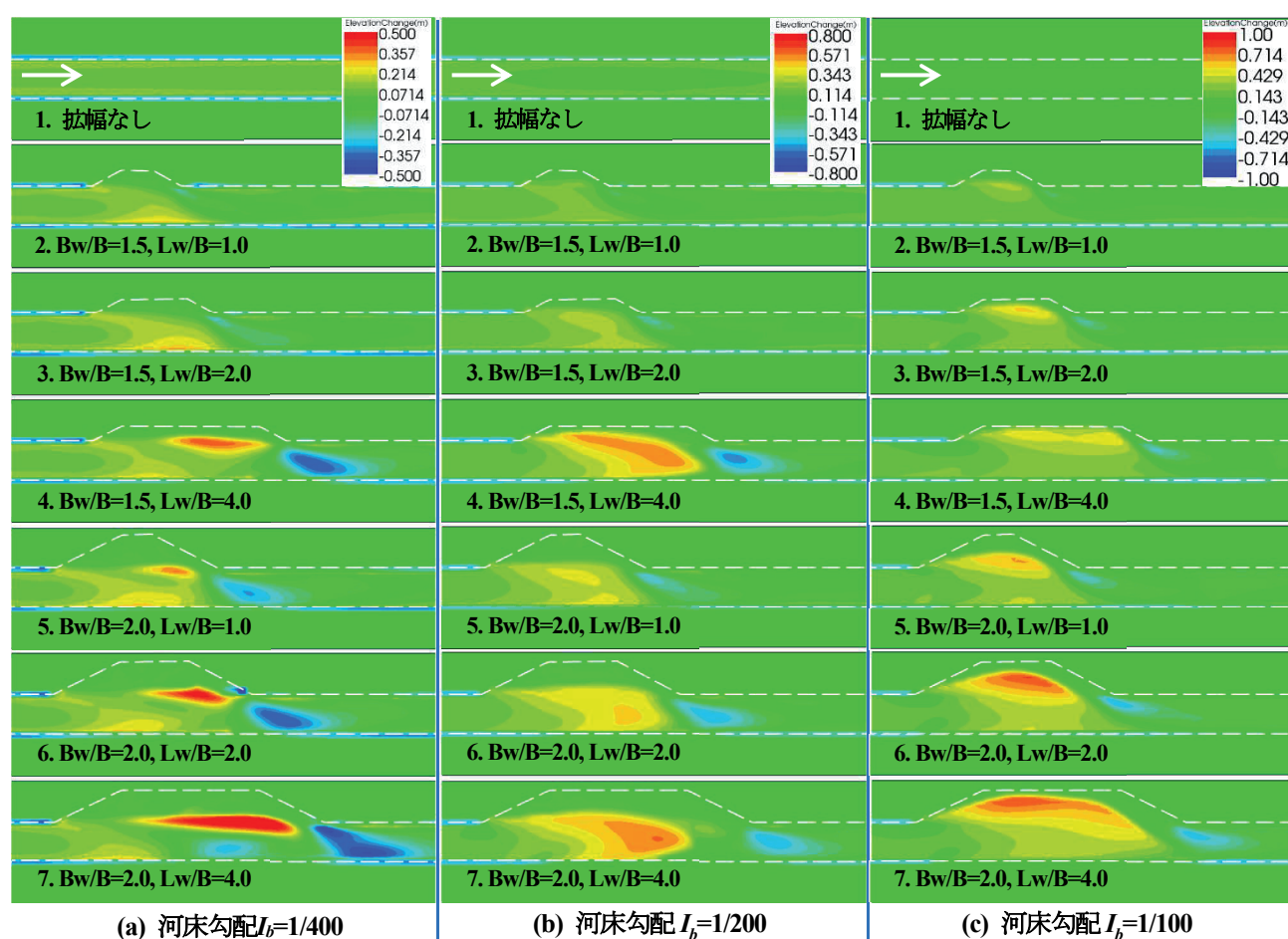


図-6 仮想河道における初期河床に対する河床変動量

各ケースの地形変化パターンを、表-2に示す。

河床勾配1/400のケースでは、小規模な拡幅では、部分拡幅した側とは反対側に固定砂州状の堆積部が形成され、部分拡幅区間終端付近にわずかな洗掘が生じ、その地形が維持された（①固定砂州）。一方、拡幅の幅又は延長が大きい場合では、堆積した土砂が変形して、縦断方向に細長い中洲状の堆積部（②中洲形成）を生じている。このときの平面流況を確認すると、河道拡幅部に安定した循環流が形成されており、細長い中洲状の堆積部が形成された状況と対応している。

河床勾配1/200ケースでは、小規模な拡幅では固定砂州状の堆積部が維持されるが、拡幅部を大きくしていくと、河床勾配1/400のケースと同様、砂州の変形が生じる。図-6に示した通水3時間後の状況では、まだ砂州の変形が続いていた（④変形砂州）。

河床勾配1/100のケースでは、部分拡幅区間に土砂の堆積が進むと、砂州状の地形が前進しながら変形し、部分拡幅した側に堆積土砂が押しやられ、拡幅した部分が徐々に閉塞（③拡幅部閉塞）していく。

全体に共通する傾向として、拡幅区間の延長が長いほど、堆積土砂の比高が高く、結果として貯留される土砂の体積も大きい傾向がある。また、河床勾配が大きいほど堆積部分の比高が高い傾向がみられた。

b) 地形変化パターンの形成条件に関する考察

①固定砂州のパターンでは、部分拡幅区間に土砂が堆積するにつれ、流れが拡幅した側の河岸に沿ってやや湾曲した流線で流れるようになり、拡幅した側とは反対側に堆積部が形成されるのと並行して、部分拡幅区間終端付近にわずかな洗掘が生じ、比較的短時間で地形変化がみられなくなった。すなわち、部分拡幅区間に流入する流砂量と、流出する流砂量とが釣り合った動的平衡に早期に達していた。この理由は、土砂が堆積しうる空間が狭い範囲に限定されており、砂州状の堆積部が移動・変形する余地がないためと考えられる。しかしながら、河床勾配1/100の条件下では、同様の平面形であっても、拡幅部が閉塞する形で動的平衡に至ったことから、平面形のみによって湾曲部の固定砂州状の地形が維持される条件を明示することは難しい。

②中洲形成と、③拡幅部閉塞は、土砂の堆積形状は異なるが、砂州が変形するプロセスは似ている。堆積形状の違いを生じた原因として、部分拡幅部における循環流の有無が考えられる。河床勾配1/100のケースでは、拡幅部に循環流がみられなかった。循環流がないケースでは、拡幅部に向けた横断方向の流砂フラックスが存在していた。部分拡幅区間に堆積した土砂は、拡幅部に向けて広がる流れと、拡幅部側に傾斜した局所的な河床勾配の双方の影響を受けて、拡幅部に向けて斜めに移動していると考えられる。結果として、拡幅部に堆積が進み、最終的には上流側の低水路幅に近い河床幅に向かって安定し、順次下流に地形変化が伝播していくと考えられる。

表-2 各ケースの地形変化パターン

拡幅比 B_w/B	延長比 L_w/B	河床勾配 I_b		
		1/400	1/200	1/100
1.0	(拡幅なし)	平坦河床	平坦河床	平坦河床
1.5	1.0	①固定砂州	①固定砂州	③拡幅部閉塞
1.5	2.0	①固定砂州	①固定砂州	③拡幅部閉塞
1.5	4.0	②中洲形成	④変形砂州	③拡幅部閉塞
2.0	1.0	②中洲形成	④変形砂州	③拡幅部閉塞
2.0	2.0	②中洲形成	④変形砂州	③拡幅部閉塞
2.0	4.0	②中洲形成	④変形砂州	③拡幅部閉塞

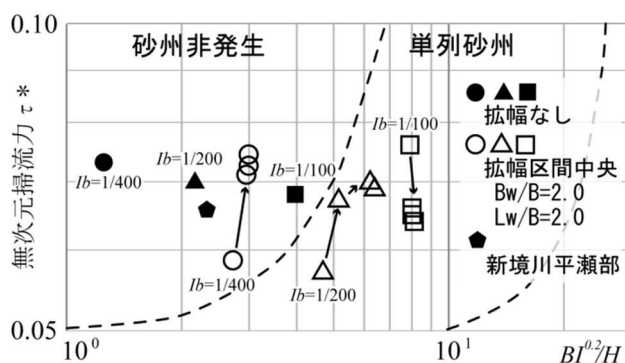


図-7 中規模河床形態発生領域との関係

循環流の有無に着目すると、河床勾配1/200の④変形砂州に該当するケースをより細分化することができる。

図-6(b)4.のケースには循環流は発生しておらず、(b)5,6,7.には循環流がみられた。循環流の有無により最終的な土砂の堆積形状を予測すれば、(b)4.は③拡幅部閉塞へ、(b)5,6,7.は②中洲形成へと、変化すると考えられる。

c) 新境川施工事例の位置づけ

新境川の施工事例は、河床勾配が約1/380、拡幅比 B_w/B は1.5倍で拡幅部の延長は短い平面形であり、図-6(a)2.のケースに最も近い。(a)2.の解析結果は、新境川の平面形（図-3参照）とは左右岸が反転しているものの、現地の地形の傾向とかなり良く一致している。

新境川の施工事例は、事前に河床変動解析等の検討を行っておらず、施工後の地形変化についても特に予見していなかったことから、固定砂州状の地形が形成・維持されたのは、偶然そのような条件を備えた施工を行ったためであったと考えられる。

(2) 中規模河床形態発生領域との関係

新境川における追跡調査、仮想河道における数値実験の結果では、平坦な直線河道に、部分拡幅を行うことによって砂州状の地形が形成されることを示している。仮想河道を用いた数値実験の条件について、黒木・岸の中規模河床形態発生領域との関係から考察する。図-7に、中規模河床形態発生領域区分図に、仮想河道のうち、拡幅していない3ケースと、部分拡幅したケースの代表3ケースの部分拡幅区間中央での値を示す。後者は局所的な値であり、河床形態の発達を議論するには不適切であるが、参考として示している。また、部分拡幅部の値は、

計算開始直後及び通水1,2,3時間後の計4点を示す。

部分拡幅なしの直線河道は、いずれも砂州非発生領域にあることが確認される。部分拡幅した3ケースのうち、○と△で示したケースでは、計算開始直後は掃流力が小さく、時間の経過につれ、直線部と同程度の値に近づく。□のケースでは計算開始直後の掃流力が最も高く、その後直線部より低い一定値に漸近する。

これらの結果が示すとおり、部分拡幅によって形成される砂州状の地形は、部分拡幅部における掃流力の低下により生じる土砂の堆積によるものであり、中規模河床形態の発生機構とは異なる。このため、砂州非発生領域にある河道においても適切な平面形を設定すれば、部分拡幅工法の効果は発揮可能と考える。

(3) 扇状地の中小河川における部分拡幅工法の有効性

部分拡幅工法は、出水時の流況が砂州非発生領域にあるために、河川地形が単調で、多くの場合平瀬やトロが連続するような中小河川の河道に、瀬淵や水際部を創出できる可能性がある。本研究で定義した地形変化パターンのうち、①固定砂州のパターンが、この目的に良く適合する。固定砂州状の地形を形成するために必要な幅、延長はそれほど必要なく、用地の制約も少ない。

②中洲形成のパターンは、中洲を形成したいという特殊な目的を伴う場合を除いて、河川管理上好ましくないと考えられる。③拡幅部閉塞のパターンは、直線的に土砂の堆積部が形成されることによって、土砂の堆積した水際部が形成される効果は期待できるが、流路は直線的なままであり、人為的に拡幅を行う労力に比して、得られる効果は低いと考えられる。

総合すれば、部分拡幅工法は、扇状地区間では、砂州非発生領域にある単調な直線河道に、固定砂州状の地形を形成し、瀬淵を創出する工法として有望と考えられる。

5. おわりに

本研究では、扇状地区間を流れる中小河川における部分拡幅工法の有効性の検討を目的として、施工事例の追跡調査及び仮想河道における数値実験を実施した。本研究のまとめを以下に示す。

- ・新境川の施工事例の現地調査により、部分拡幅した側の対岸に、固定砂州状の地形が形成され、それに対応した瀬淵が創出されていることが確認された。
- ・扇状地区間の中小河川を模した仮想河道における数値実験により、部分拡幅の結果生じる土砂の堆積形状は、4パターン確認され、平面流況に基づいて、最終的には3パターンに帰結すると考えられた。
- ・部分拡幅工法は、扇状地区間において、砂州非発生領域にある単調な直線河道に、瀬淵を形成することができ、工法として有効であると考えられる。

本研究では河道の直線部における片岸拡幅を基本とし

て検討を行った。実際には、河道の湾曲部における片岸拡幅、直線部における兩岸拡幅など、様々な状況が想定される。これらの状況においても、本研究が示したとおり、河床変動解析によって地形変化を予測することは有効であると考えられる。本研究では、扇状地区間を対象としたが、部分拡幅に対する河床地形の応答は、流程によって異なることは自明である。例えば自然堤防帯の河川に適用した場合の応答は扇状地とは異なると考えられる。また、部分拡幅工法に期待される効果も異なると考えられ、今後の課題である。

謝辞：新境川測量データ等を貸与いただいた岐阜県県土整備部河川課、現地調査に参加していただいた藤井克哉氏（岐阜高等専門学校専攻科）、欧州の部分拡幅工法について情報提供いただいた中村圭吾博士（国土技術政策総合研究所河川研究室）に深く感謝を申し上げます。

本研究は、河川整備基金研究助成（26-1271-006 河道安定と場の多様性をもたらす部分拡幅工法、代表者：原田守啓）に基づいて実施された。

参考文献

- 1) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一: 「多自然川づくり」と流体力学の接点, ながれ, 33, 355-360, 2014.
- 2) 原田守啓, 藤田裕一郎: 中小河川の断面形状と河道粗度設定手法の変遷に関する考察, 土木学会論文集B1(水工学), 68, 4, I_1291-1296, 2012.
- 3) 大石哲也, 高岡広樹, 原田守啓, 萱場祐一: 中小河川改修時の川幅設定が河道の景観に与える影響, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.70, No.4, I_997-I_1002, 2014.
- 4) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一, 藤田裕一郎: 設置角度の異なる越流型上向き水制の河床変動特性に関する実験的研究, 土木学会論文集B1(水工学), 69, 4, I_1189-1194, 2013.
- 5) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一: 新しい河道安定工法の実用化に向けた調査研究の取り組み, 河川技術論文集, 19, 87-92, 2013.
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局: 美しい山河を守る災害復旧基本方針（平成26年3月改定版）, 2014.
- 7) Rohde, S., Schütz, M., Kienast, F., & Englmaier, P.: River widening: an approach to restoring riparian habitats and plant species. *River Research and Applications*, 21(10), 1075-1094, 2005.
- 8) 山本晃一: 沖積河川構造と動態, pp.120-123, 技報堂, 2010.
- 9) iRIC Project HP: <http://i-ric.org/ja/index.html>
- 10) 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, 342, 87-96, 1984.
- 11) Kondolf G. M.: Application of the pebble count notes on purpose, method, and variants. *Journal of the American Water Resources Association*, 33, 1, 79-87, 1997.
- 12) 萱場祐一, 天野邦彦: 河川におけるハビタットの空間スケールと河道計画への利用, 土木技術資料, 46, 6, 40-45, 2004.

(2015. 4. 3受付)