

中規模河床波発生領域による alcove 形成条件に関する数値計算

Numerical calculation on the alcove forming condition in the regime criteria on bar and braids

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム ○正員 矢野 雅昭 (Masaaki Yano)
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 布川 雅典 (Masanori Nunokawa)
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 正員 谷瀬 敦 (Atushi Tanise)
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 正員 新目 竜一 (Ryuichi Shinme)

1. はじめに

これまで河川改修では、治水目的や土地利用の観点から、河道の直線化、河道断面の設定、護岸による河岸保護を行ってきた。このような河川整備の影響により、流況が単調化され、魚類などの生物生息環境に影響が及んでいたことが考えられる。例えば、河道の直線化が、サクラマス幼魚 (*Oncorhynchus masou*) の生息環境に悪影響を及ぼしているとの研究例¹⁾が知られている。このような中、河川環境に配慮した、より質の高い河川整備を行うため、平成18年からは、多自然川づくりが全ての川づくりの基本となり、自然の営力を考慮しつつ、河川環境に配慮する²⁾ことが必要となっている。

河床地形として、砂州や瀬・淵などが良く認識されているが、より局所的な地形である alcove というものもある。alcove は砂礫の堆積により、主流から分離し、背水により涵養されている地形である。写真-1 に北海道の石狩川上流と十勝川中流の写真³⁾を示すが、低水路河岸部付近と砂州の間に alcove が形成されていることが確認される。alcove の特徴として、水面勾配が水平で、静水状態である⁴⁾。また、物理的、化学的、生態学的特性が多様であり、主流部とは明確に異なっている⁴⁾。alcove 周辺では、河川水と浅い浸透流の交換が成されていることが知られており⁴⁾、ギンザケ (*Oncorhynchus kisutch*) の稚魚の冬期生息場所として重要である⁵⁾。写真-1 に示す alcove は、低水路河岸部付近と砂州の間に形成されているため、alcove 形成要因の一つとして、砂州などの中規模河床波の発生が関係することが示唆される。しかし、中規模河床波発生領域と alcove の形成の関係、その機構については、検討事例がない。

本研究は、河床変動計算により、中規模河床波発生領域と alcove の形成条件について、検討したものである。

2. 方法

現地河川で alcove 形成が確認される河川の水利条件を踏まえ、川幅を主なパラメータとして、河床変動計算による検討を行った。

1) 計算ケース

河床変動計算を行う水利条件ケースを表-1 に示す。ケース1～4は川幅以外の条件が同じで、ケース1から25m 間隔で川幅を広げており、ケース4の水利条件は、写真-1 に示す alcove が確認される石狩川上流の水利条件とほぼ同様となっている。なお、これらの洪水流量条件は2010～2014の石狩川上流、比布水位流量観測所に

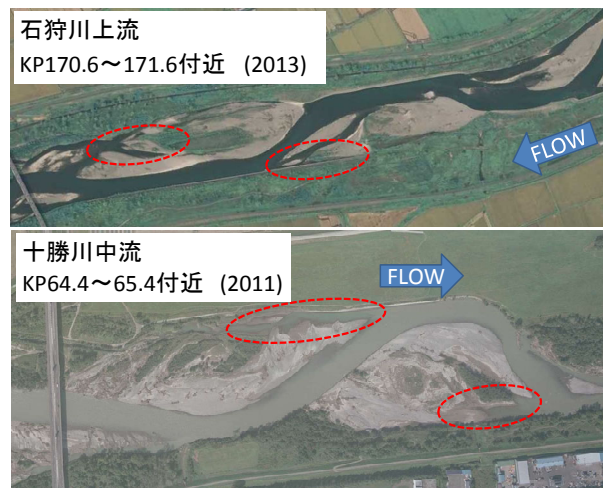
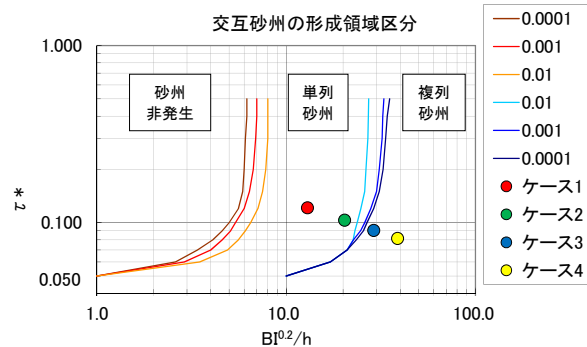


写真-1 石狩川上流と十勝川中流の alcove (赤丸)
(国土地理院³⁾)

表-1 水利条件ケース

水利条件 ケース	川幅 (m)	勾配	粒径 (mm)	manning 粗度	洪水流量 (m ³ /s)	平水流量 (m ³ /s)
ケース1	75	1/200	50	0.03	586	40.7
ケース2	100	1/200	50	0.03	586	40.7
ケース3	125	1/200	50	0.03	586	40.7
ケース4	150	1/200	50	0.03	586	40.7

図-1 計算ケースの交互砂州の発生区分⁷⁾

における平均年最大流量⁶⁾である。

これらの水利条件における交互砂州の発生区分⁷⁾を図-1に示す。ケース1、2は単列砂州発生領域であり、ケース2は、より複列砂州発生領域に近い領域となっている。ケース3、4は複列砂州発生領域であり、ケース3は、より単列砂州発生領域に近い領域となっている。

これらの河床変動計算後に形成された地形に、表-1に示す2010～2014の石狩川上流の比布水位流量観測所

の平均平水流量⁹⁾を通水させた平面2次元流況計算を行い、平水時の水深、流速分布についても把握した。なお、この平水流量通水時の計算においては、河床変動は考慮していない。

2) 河床変動計算条件と可視化

河床変動計算には iRIC の Nays2DH ソルバー⁸⁾を用いた。計算格子サイズは約 5m×5m であり、計算区間の延長は 5,000m とした。また、断面形状は矩形単断面とした。流量は一定とし、通水時間は 200 時間とした。上流の境界条件には、周期境界条件を適用した。河床材料の移動は、単一粒径での掃流砂のみを対象とした。また、流砂量ベクトル式は、芦田・江頭・劉の式⁹⁾とした。斜面崩落モデルは「有効」⁸⁾とし、斜面崩落の判定を行う、土粒子の水中安息角（タンジェント）は、河床材料の粒径が 50mm であることから、0.73 (36°⁹⁾) とした。河床変動計算結果の可視化には iRIC の GUI を用いた。平水流量時の水深、流速の計算結果の可視化については、地形と流況の関係を確認する必要がある。そのため、GIS¹⁰⁾により河床変動計算結果から、河床標高コンター線を整正し、GIS 上で水深および流速の分布と重ね合わせて明示した。

3. 結果と考察

1) 砂州形状と砂州形成時の無次元掃流力分布

図-2 上に、各ケースの計算終了後の初期河床高からの変動量を示すが、ケース 1 では明確な砂州地形が形成されているが、ケース 2～4 と川幅が増すに従い、砂州形状が乱れている。また、ケース 2～4 では alcove 状の地形が確認されており、複列砂州発生条件であるケース 3、4 に、より多くの alcove 状の地形が発生している。

る。

図-2 下に無次元掃流力の平面分布を示すが、alcove 状の地形が確認できなかった単列砂州発生領域のケース 1 では、砂州頂部上の無次元掃流力が 0.05 を上回り、流砂の移動が生じている。これは既往研究¹¹⁾にあるような、砂州前縁部の深掘れ部から発生した流砂が、下流砂州の頂部を放射状に移動し、下流砂州の前縁部に堆積するといった、典型的な砂州上の流砂の移動であったと推察される。一方で、alcove 状の地形が形成された、複列砂州条件であるケース 3、4 では浮州化により、砂州頂部の無次元掃流力が 0.05 を下回っており、砂州頂部に流砂の移動が生じていない。また、これらのケースでは、砂州頂部を迂回する蛇行流路の範囲の無次元掃流力が 0.05 を上回っており、蛇行流路に沿って流砂が移動していることが分かる。alcove 状の地形が少数確認された単列砂州発生領域であるケース 2 は、一部の砂州頂部で無次元掃流力が 0.05 を下回る個所が混在しており、ケース 1 とケース 3 の中間的な無次元掃流力の分布となっている。

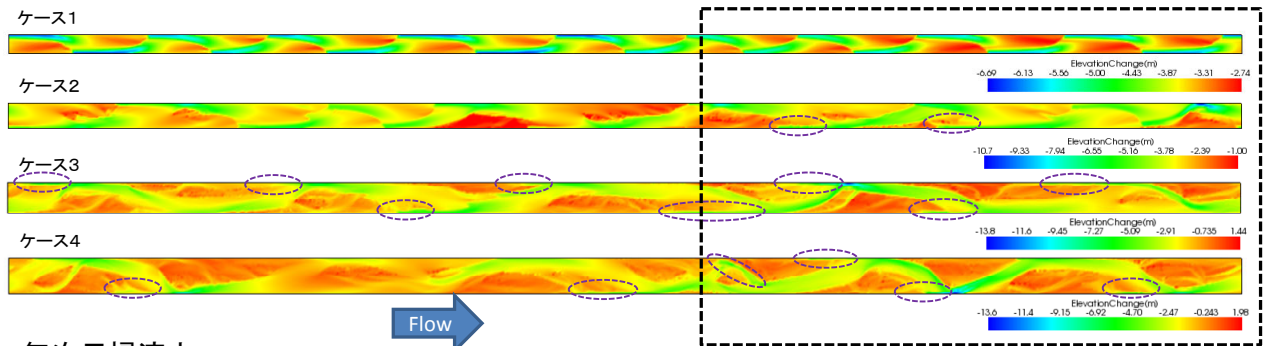
2) 平水流量時流況による alcove の判定

河床変動計算後の地形に、平水流量を流した状態の、各ケースにおける水深・流速分布を図-3 に示す。なお、図-3 に示す範囲は、図-2 上の黒破線枠の範囲である。多くの alcove 状の地形個所では水深が確認される一方で、流速がほぼない状態であることが確認され、alcove の水理的特徴⁴⁾を有している。そのため、これらの地形の多くは、水理条件的に alcove であると判断できる。

3) 砂州形成からみた alcove の形成機構

図-4 に、図-2 上の黒破線枠の範囲における、ケース

河床変動量



無次元掃流力

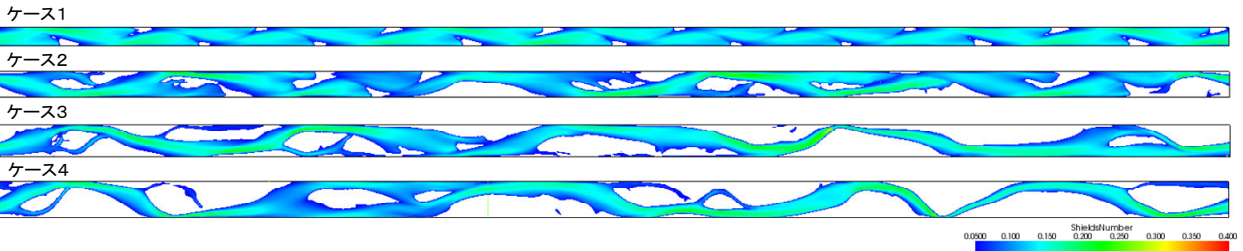


図-2 各ケースの通水完了後の河床変動量（河床地形）と無次元掃流力の平面分布

※紫丸は alcove 状の地形位置を示す。無次元掃流力が 0.05 未満の個所は白抜きで示している。

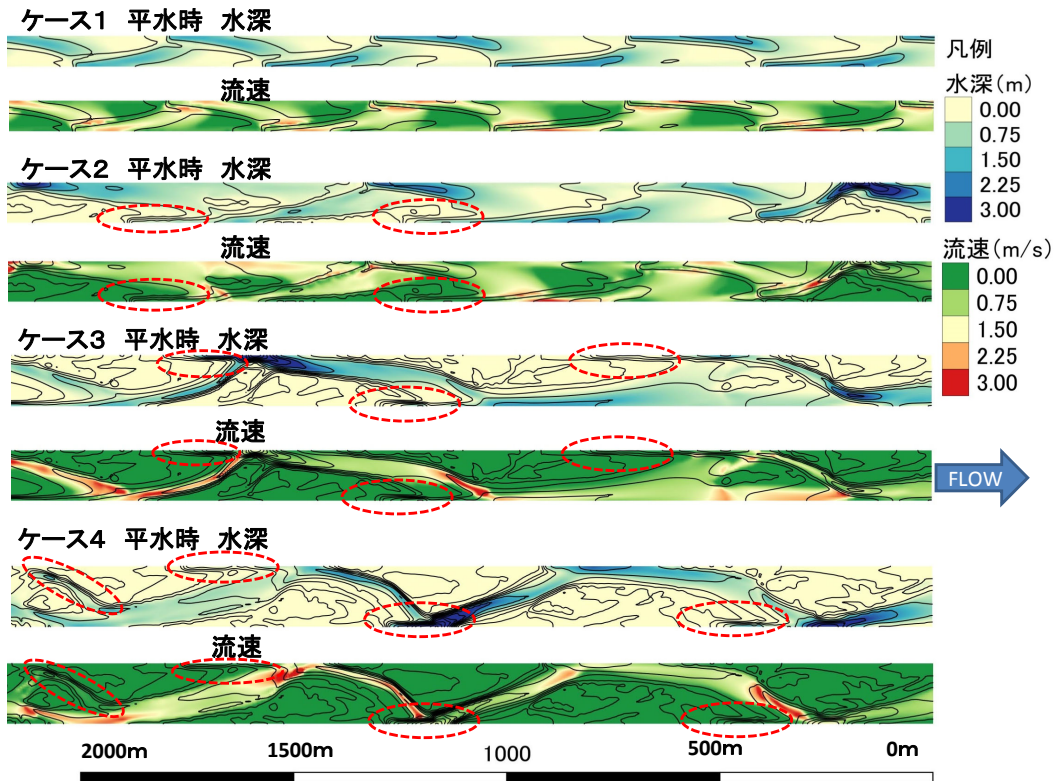


図-4 平水流量時の水深・流速分布

※表示範囲は図-2上の黒点線枠の範囲。赤丸はalcoveの位置を示す。

ケース4 通水開始100時間

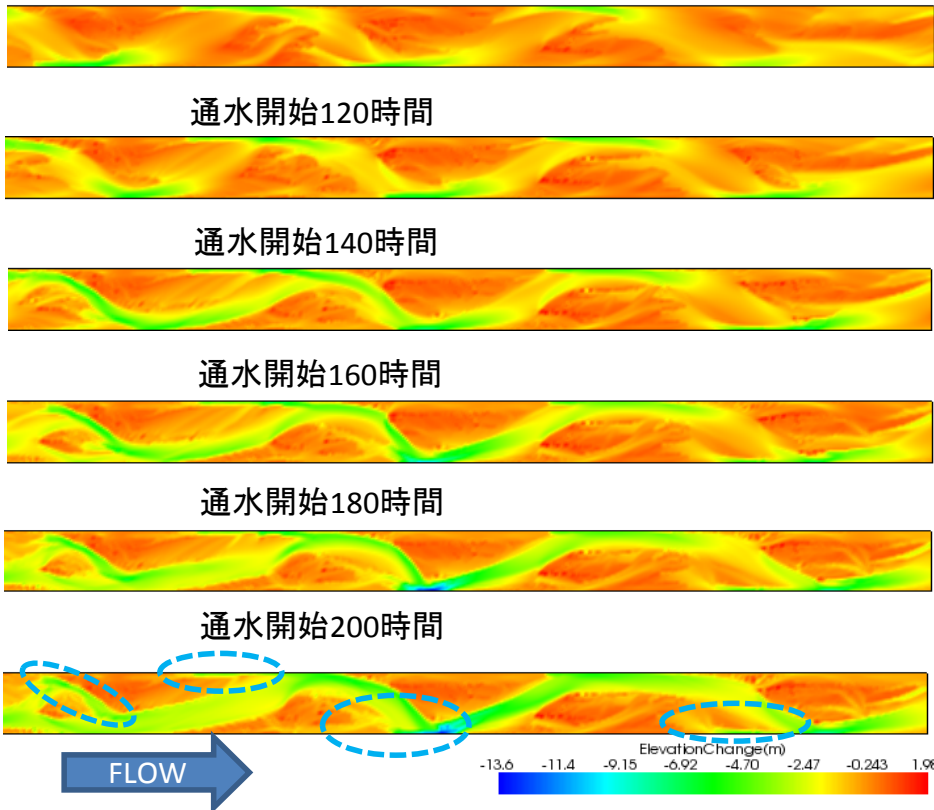


図-4 平水流量時の水深・流速分布

※表示範囲は図-2上の黒点線枠の範囲。赤丸はalcoveの位置を示す。

4の河床変動計算結果を時系列で示す。通水開始100時間においては、単列交互砂州状の河床形状になっているが、それ以降徐々に滞筋が鮮明になり、蛇行流路状となっている。また、これらの蛇行流路は下流側に移動しながら形成されている。河岸と砂州の間に形成されたalcoveは、この蛇行流の下流への移動にともなう、内岸の砂州下流部の堆積により、河岸の深掘れ部が取り残された部分であることが分かる。なお、図-4に示す最上流のalcoveについては、図-2下に示すとおり、洪水時の無次元掃流力が0.05を上回っており、形成された位置が河道の中心付近であることから、先に述べたalcoveの形成要因とは異なることが考えられる。この図-4に示す最上流のalcoveの形成箇所では、通水開始140時間から200時間にかけて流路が分岐している。この分岐流量の一方が、平水時流量となり、主流部から切り離されたことで、図-4に示す最上流のalcoveが形成されたと考えられる。

5. まとめ

本研究では、中規模河床波発生観点から、魚類生息場などの河川環境上、重要であるalcoveが形成される条件について、河床変動計算により検討し、以下の結果が得られた。

①明確な単列砂州が形成される場合にはalcoveは形成されない。一方で、複列砂州発生領域で、砂州頂部が浮き州化し、蛇行流が鮮明になる場合、蛇行流路の流下にともない、内岸側の砂州下流部に土砂堆積が生じ、その際に取り残された河岸深掘れ部がalcoveとなった。

②「①」以外の形成要因として、複列砂州発生領域での河床変動において、流路が分岐され、この流路が平水流量時に水位低下により主流から分離されることによりalcoveが形成されることも確認された。

これらのことから、川の営力によりalcoveが形成される条件として、河道幅を複列砂州発生領域とすることが必要であることが考えられた。今後、移動床模型実験や実河川のデータ整理により、この結果を検証する必要がある。

引用文献

- 1) 中野繁，井上幹生：河道の直線化改修がサクラマス幼魚の微生息場所に与える影響，魚と卵，164，pp.23-32，1995.
- 2) 国土交通省，多自然川づくり基本指針，http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/index.html，（平成28年12月9日確認）.
- 3) 国土地理院，地図・空中写真閲覧サービス，<http://mapapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>，（平成28年12月9日確認）
- 4) Alexander G. F., Dixon H. L., & Parker J. W. : Water quality changes in hyporheic flow paths between a large gravel bed river and off-channel alcoves in Oregon, USA, River research and applications, 22, PP.1-14, 2006.
- 5) Thomas E. N., Jeffrey D. R., Steven L. J. & Mario F. : Seasonal change in habitat use by juvenile Coho Salmon

(*Oncorhynchus kisutch*) in Oregon coastal stream, Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 49(2), pp.783-789, 1992.

- 6) 国土交通省，水文水質データベース，<http://www1.river.go.jp/>，（平成28年12月9日確認）.
- 7) 社団法人土木学会，土木学会 水理公式集，pp.339-345，p.592，1999.
- 8) iRIC Project, <http://i-ric.org/ja/>，（平成28年12月9日確認）.
- 9) 河村三郎：土砂水理学1，森北出版，1982.
- 10) QGIS プロジェクト，<http://www.qgis.org/>，（平成28年12月9日確認）
- 11) 藤田裕一郎，村本 嘉雄，堀池 周二，小池 剛：交互砂州の発達機構，水理講演会論文集，第26回，pp.25-30，1982,2.