

# 蛇行低水路の土砂堆積に及ぼす樹木群の影響

## EFFECTS OF VEGETATION ON SEDIMENT DEPOSITION IN COMPOUND WITHIN MEANDERING LOW WATER CHANNELS

福岡捷二<sup>1</sup>・岡部博一<sup>2</sup>・飯島直己<sup>3</sup>  
Shoji FUKUOKA, Hirokazu OKABE and Naoki IJIMA

<sup>1</sup>フェロー Ph.D 工博 中央大学研究開発機構教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

<sup>2</sup>正会員 国土交通省北海道開発局網走開発建設部治水課 (〒093-0046 網走市新町2-6-1)

<sup>3</sup>学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

In the place where the low water channel of compound channels meanders, it is made clear that the velocity becomes slow and sediments tend to deposit on the river bed. However, it is not yet clarified about the effects of vegetation along meandering low water channel on bed variation. In the Tokoro river, sedimentation on the low water channel bed seems to yield effects on the flood control, since the low water channel is meandering and vegetation is growing thick along the low water channel. The objectives of this paper is to clarify effects of vegetation along meandering low water channel on sedimentation, by observed flow and sedimentation data and unsteady two-dimensional analysis. As the result, we showed that sediment deposition is remarkable in the meandering low water channel with vegetation, although there is a little sediment deposition in the straight low water channel.

*Key Words : vegetation, meandering channel, flood flow, bed variation  
unsteady two-dimensional analysis*

### 1. 序論

わが国の多くの河川は複断面蛇行河川である。水位が上昇し高水敷に水がのると、高水敷上の流れと低水路内の流れの間で大きな運動量交換が行われ、流れに対する河道の抵抗特性が変化する。その影響は、低水路が蛇行することでより顕著に現れることが明らかにされている<sup>1)</sup>。一方、河道内に繁茂する樹木は、流れに対して大きな抵抗要素となり、流速低減や水位上昇を引き起こすことが知られている。蛇行低水路沿いに樹木が繁茂すると、低水路蛇行と樹木群の相乗作用によって、流れの抵抗が増大する。そのため、低水路河床に土砂が堆積し、洪水の流下能力を低下させる問題が生じる<sup>2)</sup>。

北海道の北東部を流れる常呂川は、低水路蛇行度が大きく、その低水路沿いには樹木が繁茂しており、堤間幅に比べ低水路幅が狭いという河道特性を有している。近年、洪水により低水路河床には土砂の堆積が進行しており、洪水流の流下を妨げることが懸念されている。このため、低水路蛇行とその低水路沿いに繁茂した樹木が土砂堆積に与える影響を明らかにすることが、河川の維持管理のために求められている。

本研究では、蛇行低水路沿いに樹木が繁茂した河道における低水路の土砂堆積機構を明らかにすることを目的としている。まず、実測データに基づき代表的な河道特性を有する区間ごとに土砂の堆積状況を検討する。次に、洪水後の河床形状を固定床として与えた非定常平面二次元解析を行い、平面形状と樹木群が洪水流に与える影響について考察する。そして、その解析により求めたピーク時の流況と実測の土砂堆積の関係について検討する。

### 2. 対象区間・対象洪水の概要

#### (1) 検討対象区間

検討対象区間は常呂川の5km～15kmである。この区間の平均河床勾配は約1/2000であり、緩勾配の複断面蛇行河川である。写真-1にH18年10月洪水時の航空写真を示す。堤間幅が広く、低水路幅が狭い特徴を有している。対象区間下流の3km～9km付近においては、みお筋が分岐・合流を繰り返しながら低水路が大きく蛇行しており、その河岸沿い及び砂州上には樹木が繁茂している。

常呂川では、H16年とH19年に200m毎の横断測量が行われている。さらに、H15年には樹木の繁茂位置、樹種、

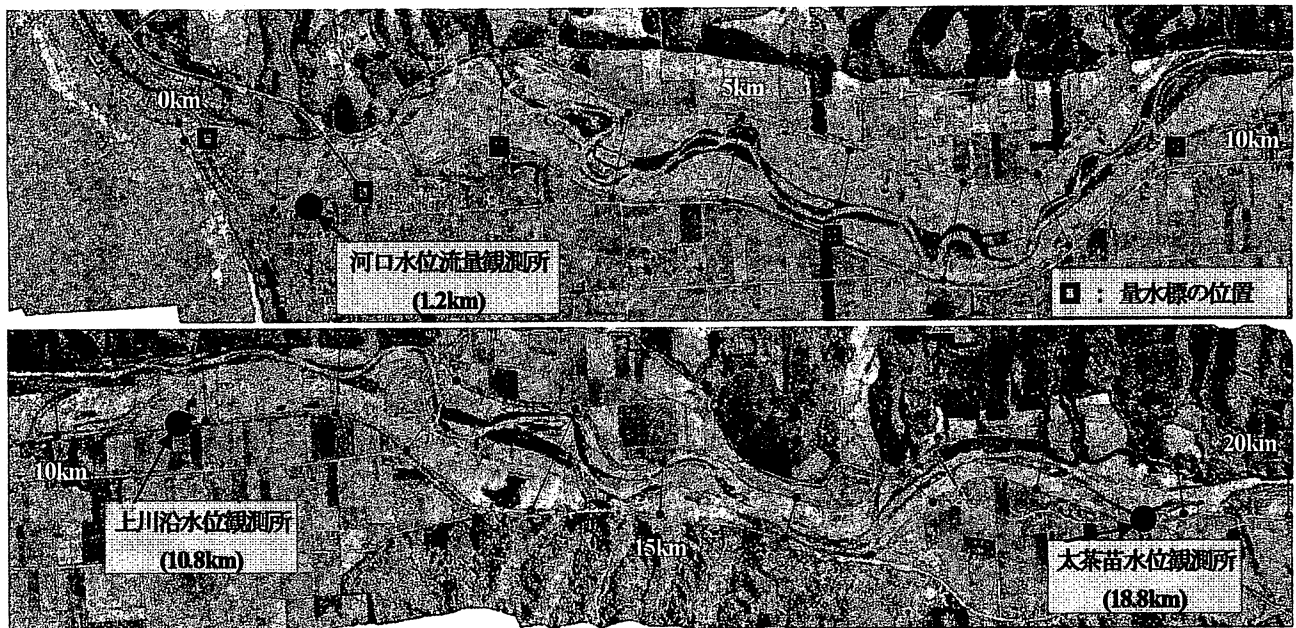


写真-1 H18年10月洪水時 0km~20kmまでの航空写真

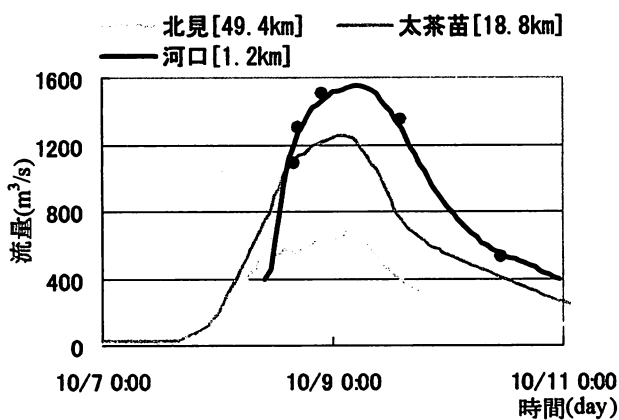


図-1 H18年10月洪水 流量ハイドログラフ

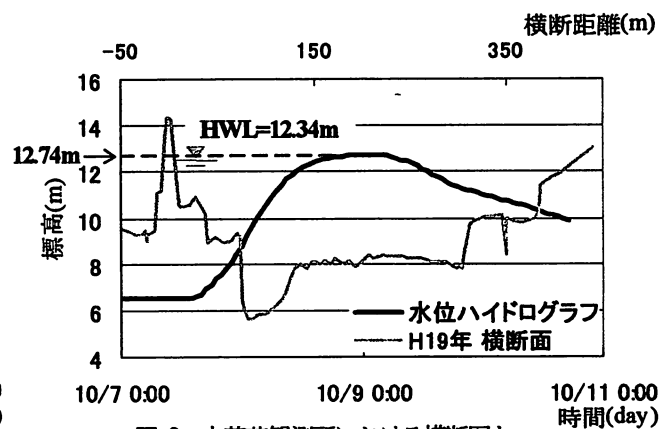


図-2 太茶苗観測所における横断面と H18年10月洪水 水位ハイドログラフ

樹高, 樹木群幅, 1km毎の低水路左右岸での河床材料粒度分布が測られている。また, H18年10月洪水時には, 0km~9kmにおいて約3km毎に縦断的に水位が, 1.2kmの位置で流量が測られている。

## (2) 対象洪水

図-1はH18年10月洪水の流量ハイドログラフを示す。プロットが河口観測所での流量観測値, 実線が各水位流量観測所でのHQ式から求めた値を示している。H18年10月洪水では, 流下に伴い本川の流量が増加し, 河口観測所におけるピーク流量は計画流量(河口観測所で $2000\text{m}^3/\text{s}$ )の8割近い $1600\text{m}^3/\text{s}$ 程度の大流量が流下している。

図-2に太茶苗観測所における横断面とH18年10月洪水の水位ハイドログラフを示す。10月洪水はピーク水位(12.74m)が計画高水位(12.34m)を超え, 高水敷に水が乗っている時間が約二日間も続いた継続時間の長い洪水である。本研究ではこの計画規模に匹敵するH18年10月洪水における洪水流と土砂の堆積状況の検討を行う。

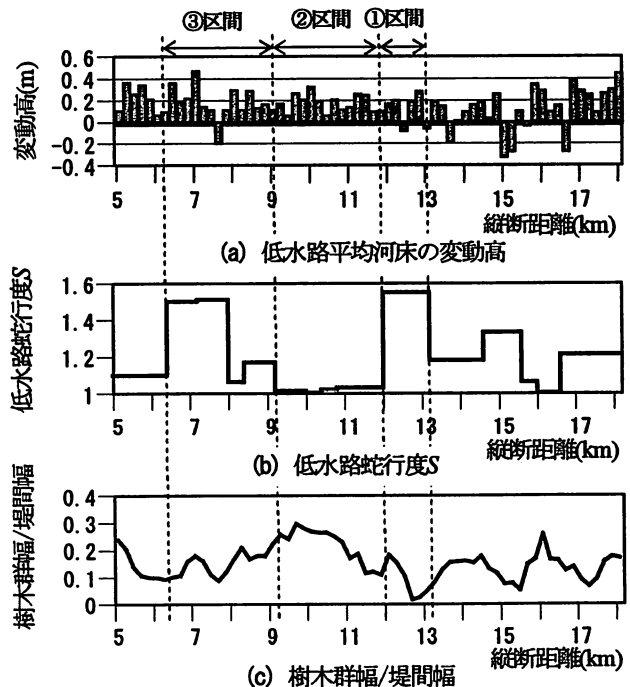


図-3 低水路線形・樹木幅と土砂堆積の関係

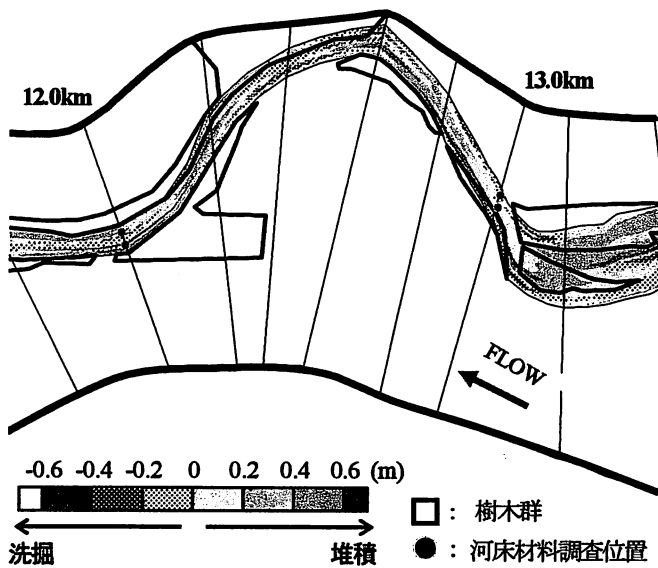


図-4 12.0km～13.2km(区間①)の低水路河床変動カウンター

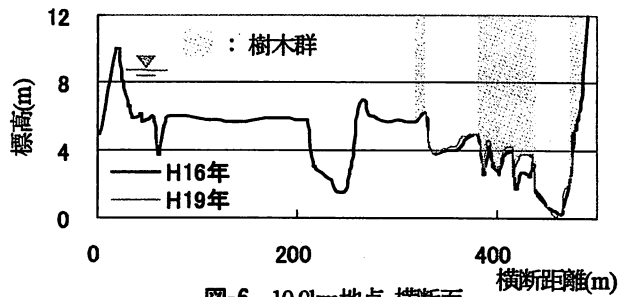


図-6 10.0km地点 横断面

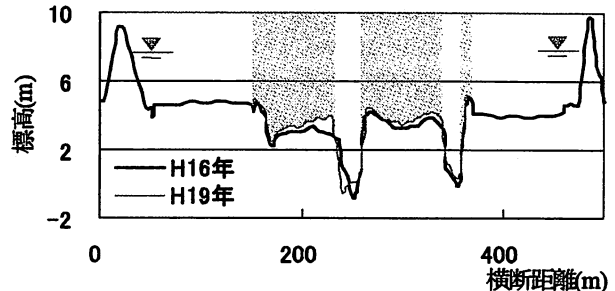


図-8 8.4km地点 横断面

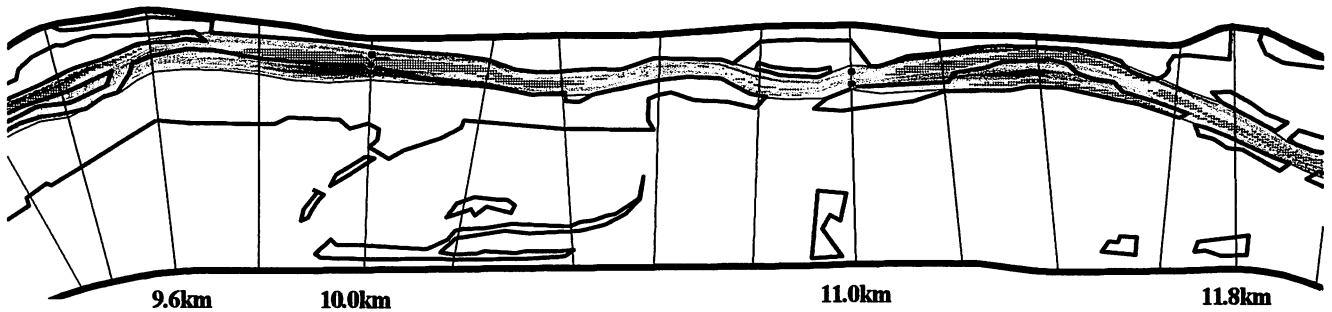


図-5 9.4km～11.8km(区間②)の低水路河床変動カウンター

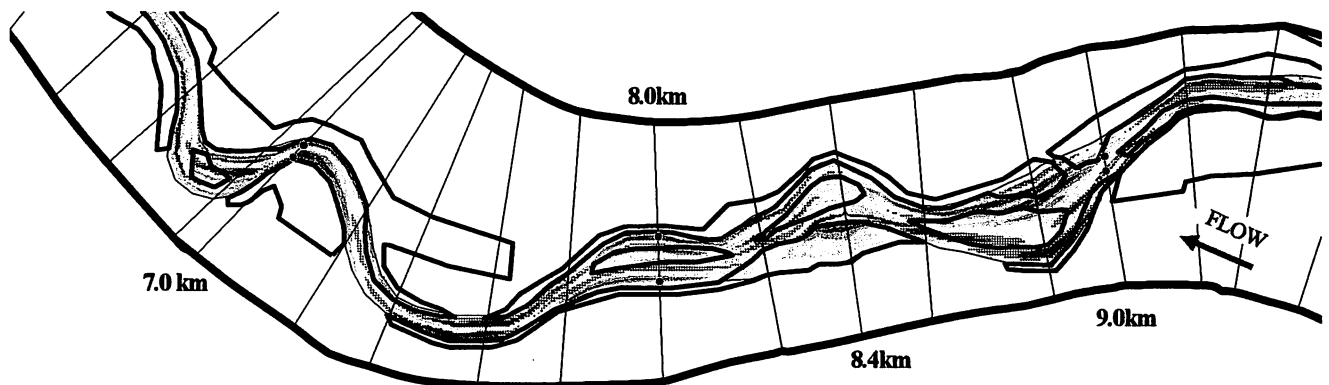


図-7 6.6km～9.2km(区間③)の低水路河床変動カウンター

### 3. H18年洪水による土砂の堆積状況

図-3に低水路平均河床の変動高，低水路蛇行度 $S$ ，樹木群幅/堤間幅の縦断分布を示す。低水路平均河床の変動高とは，200m間隔に横断平均して求めたH19年の河床高から同様にして求めたH16年の河床高を引いたもので，これはH18年洪水による土砂堆積の程度を表すものである。低水路蛇行度 $S$ は，航空写真を用いて求めた低水路蛇行長と低水路蛇行波長の比である<sup>1)</sup>。樹木群幅/堤間幅

は，断面全体で流れる洪水流に対しての樹木群の影響の指標である。図-3(a)より検討区間では，全体的に20cm～30cm程度の堆積が生じており，顕著な箇所では50cm程度の堆積が生じていることが分かる。

写真-1，図-3より，低水路蛇行と樹木の繁茂状況に着目して代表的な河道特性を有する12.0km～13.2km(区間①)，9.4km～12.0km(区間②)，6.6km～9.4km(区間③)の3区間において，河道特性と土砂堆積の関係について検討を行う。

区間①は低水路が大きく蛇行し，樹木があまり繁茂しておらず，平均的に20cm程度土砂が堆積した区間であ

る。図-4にこの区間の低水路河床変動コンターと樹木の繁茂位置を示す。低水路の河床変動コンターは200m毎の横断測量結果を補間して作成した。この区間では、低水路蛇行の上流側で堆積し、下流側で洗掘されている傾向がある。しかし、共に局所的な堆積や洗掘であることが分かる。

区間②は堤防、低水路ともに直線であり、樹木が多く繁茂し、平均的に20cm程度土砂が堆積した区間である。図-5にこの区間の低水路河床変動コンターを示す。また、図-6に10.0km地点の横断図を示す。10.0km地点では、低水路左岸側(420m付近)にみお筋との比高差の低い砂州があり、この砂州上に繁茂した樹木群内に土砂が堆積している。コンター図では、9.6km~10.2kmがこの砂州に対応しており、縦断的に土砂が堆積していることが分かる。一方で、みお筋では多少ながら洗掘を受けているのが分かる。同様のことが11.4km付近でも言える。

区間③は低水路が蛇行し、樹木が多く繁茂しており、土砂の堆積が顕著な区間である。図-7にこの区間の低水路河床変動コンターを示す。また、図-8に8.4km地点の横断図を示す。この8.4km地点では、局所的にみお筋が洗掘されているものの、樹木が繁茂した中州(300m付近)や左岸側の砂州上(200m付近)に土砂が堆積している。コンター図上でも、対応する砂州に縦断的に土砂が堆積していることが分かる。図-3に示した低水路平均河床の変動高の縦断分布において、最も堆積が顕著に見られた7.0km付近では、みお筋全体に土砂が多く堆積していることが分かる。そして、この区間では、樹木があまり繁茂していない区間①や低水路が直線である区間②と比べて堆積量が多い。

図-9にH15年に調査された各区間における低水路左右岸の河床材料粒度分布を示す。これはH18年10月洪水により形成されたものではないが、各々の特徴は示していると考えられる。これらの区間では、船上採取により調査が行われ、ほぼ表面~10cm付近の材料を採取しており、堆積土砂の粒度を表していると考えられる。また、その河床材料は主に砂・礫である。7.0km地点は低水路が蛇行しているため、低水路外岸側(右岸側)で比較的大きな粒径の材料が見られ、内岸側(左岸側)で小さな粒径の材料が存在している。同様のことが12.0km地点の蛇行部でも言える。

低水路河床変動コンターと粒度分布より、12.0km・10.0km地点のみお筋では洗掘を受け、比較的大きな粒径の土砂が河床に存在しているのに対し、13.0km・11.0km地点のみお筋では小さな粒径の土砂が堆積していることが分かる。区間③においては、上記二区間に比べ、さらに小さな粒径の材料(細砂)が目立つ。これは、後述するように、河口の蛇行狭窄部の影響により9.0km付近は水面勾配変化点となるため、この地点より下流側では小さな粒径の材料が堆積しやすかったものと考えられる。以上のことから、みお筋に堆積している土砂は比較的小さ

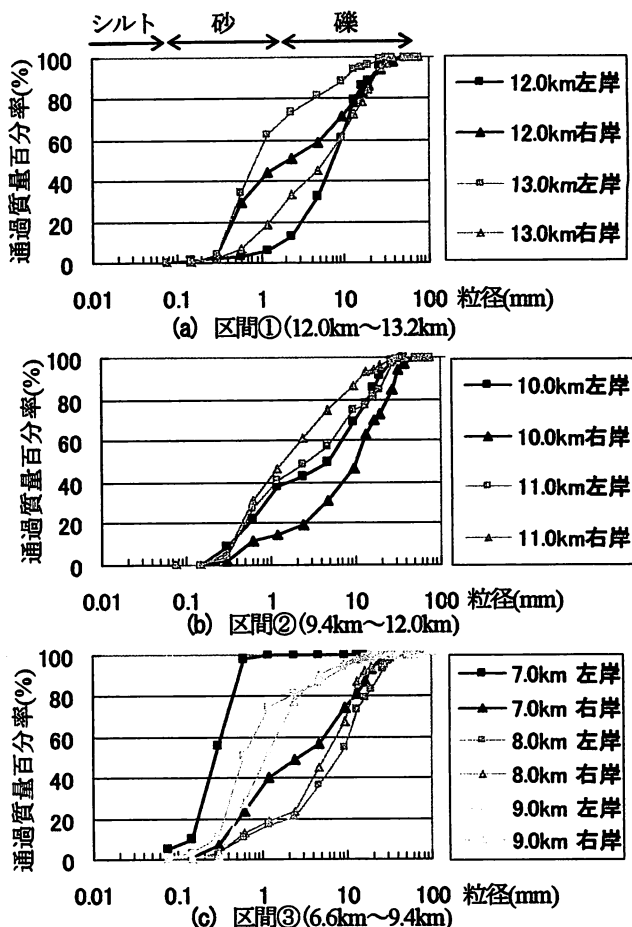


図-9 各区間における低水路左右岸の河床材料粒度分布

な粒径であることが分かった。また、これら堆積土砂の供給源としては、上流域からの土砂供給に加えて、畑として利用されている高水敷上の土砂が堆積していると考えられる。

#### 4. 非定常平面二次元解析

##### (1) 解析方法・解析条件

樹木群と平面形状が洪水流にどのような影響を与えるかについて考察し、これを用いてピーク流量時の流況と3.で示した土砂堆積の関係を検討する。解析方法は、福岡・渡邊らによる水面形の時間変化を解とする洪水流の非定常平面二次元解析を用いる<sup>3)</sup>。この解析法では、観測精度の良い水位ハイドログラフを上下流側の境界条件として与える。また、河道縦横断面形の変化や河道内樹木群の影響は、全て積分された形で水面形の時間変化に現れるため、解析水面形が観測水面形の時間変化及び痕跡水位に概ね一致するように解くことで、高精度な洪水流解析が可能になる。

解析対象区間は0.0km~20.0kmとし、H18年10月洪水を対象に、上流側境界条件に太茶苗観測所(18.8km)の水位ハイドログラフを、下流側境界条件(1.2km)に河口観

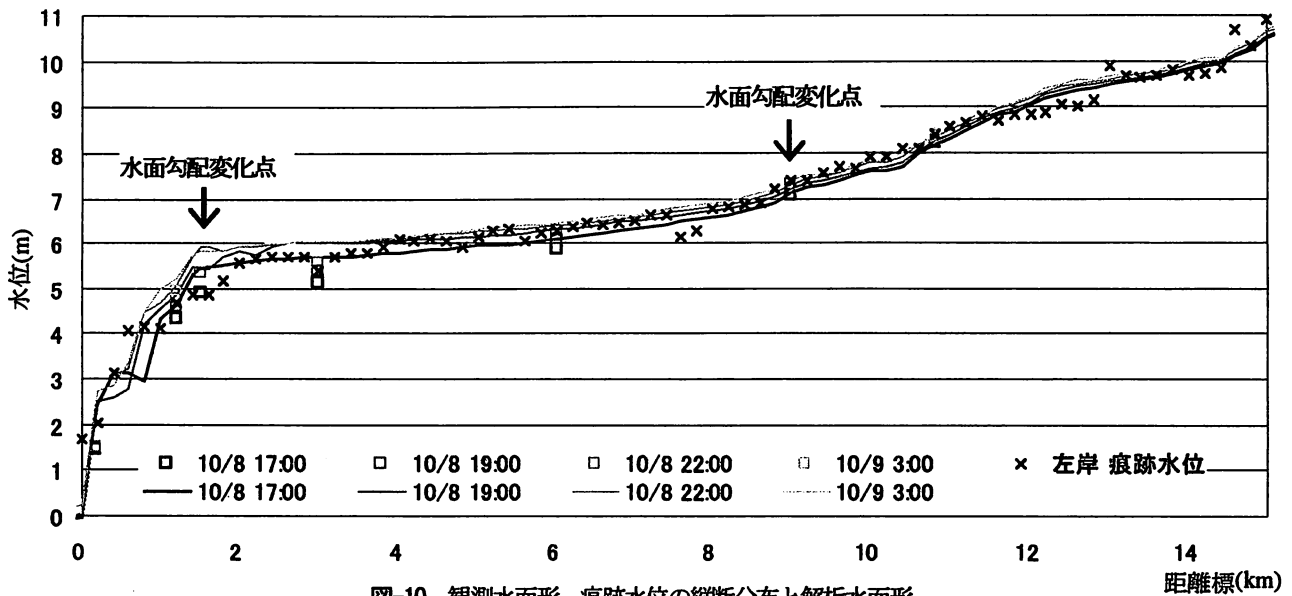


図-10 観測水面形、痕跡水位の縦断分布と解析水面形

測所の水位ハイドログラフを与える。本解析では、低水路線形、蛇行低水路沿いに繁茂する樹木群を適切に評価できるように航空写真を基に、流下方向に421分割、横断方向に低水路、左右岸高水敷を各10分割にした計算メッシュを作成した。河道形状にはH19年の測量結果を与え、洪水時の河床変動はないものとしている。樹木群透過係数は、メッシュと航空写真を照らし合わせて樹木の繁茂位置や密度から対応する計算メッシュに与えた。

## (2) 解析結果

図-10にH18年10月洪水における水面形の時間変化を示す。実線が解析値、□が観測水位、×が痕跡水位を示している。表-1に本解析で用いた粗度係数と樹木群透過係数を示す<sup>4)</sup>。1.0km付近の蛇行狭窄部の影響で水位が堰き上がり、9.0km付近までは水面勾配が緩やかになり、河口付近では急になっている。水面勾配の変化に伴い河口部では洪水流が加速し、河床が洗掘を受けていると考えられる。解析では洪水後の河床形状を初期河床として与え、洪水時の河床変化はないものとして計算しているため、洪水ピーク時には河道断面を小さく評価していることになる。そのため、解析水面形が観測水面形より高くなっていると考えられる。しかし、河口部の堰き上げの影響がほとんどなくなる9.0km以降の上流域では、解析水面形は痕跡水位の縦断分布と概ね一致している。このことから、上流域においては本解析で用いた粗度係数、樹木群透過係数は妥当な値であり、十分に土砂堆積を考察することができる。

## (3) 洪水流に対する河道線形、樹木の繁茂位置と土砂堆積の関係

図-11にピーク流量時の流速ベクトルと樹木の繁茂位置の関係を示す。低水路が大きく蛇行している11.6km～13.0km付近では、ピーク流量時には相対水深 $Dr$ が0.3以

表-1 粗度係数・樹木群透過係数

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| 低水路粗度係数 | $0.025\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ |
| 高水敷粗度係数 | $0.035\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ |
| 樹木群透過係数 | 50m/s                           |

上となり、複断面的蛇行流れとなっている<sup>12)</sup>。そのため、低水路内岸側に最大主流線が現れ、低水路から高水敷への流れの乗り上げや高水敷から低水路への流れの流入といった流れ場が形成されている。また、低水路が直線である9.6km～11.6km付近では、低水路が直線のため樹木から受ける抵抗が小さく、流下に伴いみお筋流速が加速し、一方で、樹木の繁茂した砂州上では流速が遅くなっていることが分かる。

蛇行低水路沿いに樹木が繁茂した6.6km～9.6kmでは低水路が高水敷流れを阻害するように河道中央付近で蛇行を繰り返しながら流下し、その河岸側に樹木が繁茂している。この中でも、7.8km～8.8km付近では、上流の低水路が直線の区間に比べて低水路内の流速が遅くなっているのが分かる。また、みお筋と高水敷で流速が同程度となっており、中州や低水路際に繁茂した樹木群内ではみお筋に比べて流速が遅くなっている。そのため、高水敷上の流れやみお筋の速い流れと樹木群内の遅い流れの間で大きな運動量交換が行われていると考えられる。また、6.6km～7.2km付近では、上流域の蛇行部と同様に高水敷と低水路の間で運動量の交換が行われている。しかし、高水敷上に樹木が多く繁茂しているため、樹木群内の遅い流れが低水路に流入し、低水路内の流速低減が顕著に現れている。このような蛇行低水路沿いの樹木群が洪水流に対して大きな抵抗要素となっていることが明らかである。

図-12に解析により求めた低水路の摩擦速度コンターを示す。9.0km付近から流下に伴い、摩擦速度が小さくなっていくことが分かる。これは、図-11のピーク流量時の流況から、河道中央付近の蛇行低水路沿いの樹木群

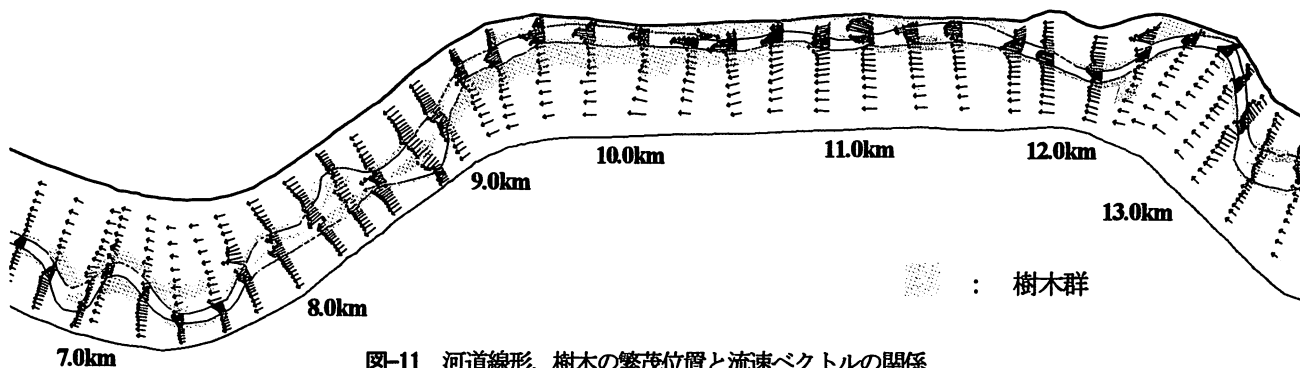


図-11 河道線形、樹木の繁茂位置と流速ベクトルの関係

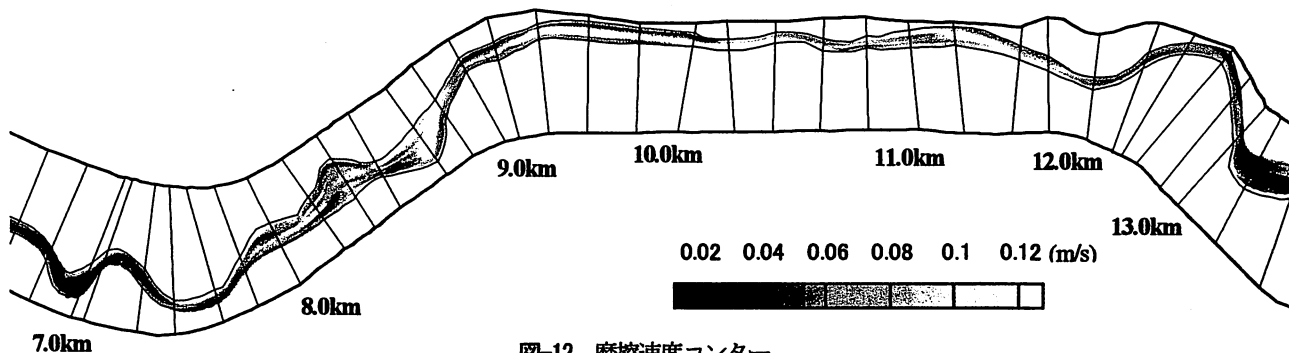


図-12 摩擦速度コンター

により低水路河床に働く摩擦力が小さくなったためと考えられる。この区間は、3.で示した様に、上流域に比べ顕著に土砂が堆積している区間である。

## 5. 結論と今後の課題

本研究では、蛇行低水路沿いに樹木群が繁茂した河道である常呂川において、実測データから河道特性と土砂堆積の関係を検討した。その結果、樹木が繁茂した砂州上に顕著に土砂が堆積する傾向があることを示した。また、低水路が蛇行し、樹木が繁茂する区間では、低水路が直線の区間や樹木があまり繁茂していない区間に比べて、土砂の堆積量が大きいことを明らかにした。

さらに、非定常平面二次元解析を用いて常呂川における流れ場の評価を行った。そして、樹木群と平面形状が洪水流に与える影響を考察し、河道線形に対して、樹木群が洪水流の流下方向に沿って繁茂している場合と流下を阻害するように繁茂している場合では、洪水流に与える抵抗特性が異なることを示した。また、顕著に土砂が堆積していた6.0km～9.0km付近では、摩擦速度が縦断的に小さくなることを明らかにした。

常呂川では河口の蛇行狭窄部で、洪水中に大きな河床

洗掘が生じていると考えられるため、0.0km～9.0km区間で取られた観測水面形の時間変化を解とする河床変動解析を行う予定である。そして、蛇行低水路沿いに繁茂した樹木分布と土砂堆積の関係を定量的に評価することが今後の課題である。

## 参考文献

- 1) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，森北出版，2005.
- 2) 岡田将治，福岡捷二：複断面河道における洪水流特性と流砂量・河床変動の研究，土木学会論文集，No.754/II-66，pp.19-31,2004.
- 3) 福岡捷二，渡邊明英，原俊彦，秋山正人：水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量・ヒドログラフと貯留量の高精度推算，土木学会論文集，No.761/II-67,pp.45-56,2004.
- 4) 福岡捷二，藤澤寛，大沼史佳：利根川河道の樹木群透過係数と高水数粗度係数，河川技術論文集，第13巻，pp.333-338,2007.

(2008. 4. 3受付)