

# ヨシで覆われた河岸の洪水流による侵食と流路の変動過程

## On the erosion mechanism of reed covered banks by floods

福岡捷二\*・渡辺明英\*\*・柏木幸則\*\*\*・山縣 聡\*\*\*

Shoji FUKUOKA, Akihide WATANABE, Yukinori KASHIWAGI, Satoshi YAMAGATA

### 1. はじめに

河道内に存在する樹木・草本等の植生は、河川の景観や生態系といった環境面で重要な役割を果たしている。近年、こういった河川を持つ自然性・親水性が注目されており、これまでの安全性を強く重視した護岸による河道整備技術だけでは、人々の要請に応えることが難しくなっている。このため洪水外力の大きさに応じた護岸を適切に使い分けできる技術が求められている。

河岸の土の洪水による侵食抵抗の研究は、十分とはいえないまでも現地や実験室で検討され、さまざまな土質の河岸侵食速度は、ある程度判断できる段階に近づいている<sup>1)2)3)</sup>。多自然型川づくりの中で、自然の植生を川づくりに生かす試みが展開されており、河岸保護に利用するための研究がいくつか行われている<sup>4)5)</sup>。しかし、これらに関する技術の蓄積は十分ではなく、一層の調査・研究が求められている。

本研究では、ヨシ原で覆われた河岸を有する流路の洪水流について調査し、河岸の変形過程を調べている。河岸に群生する植生、特にヨシの地下茎による土壌保持機能および河岸の崩落の規模が、河岸の縦断形状を周期的に変化させる機構について検討している。

### 2. 観測区域の概要

#### 2.1 斐伊川用水路河岸の特徴

図-1 に斐伊川の左岸堤外地に位置する用水路の観測区間の平面形状を示す。河岸形状の測定は、図中の基準位置から 120m 下流までの区間で行っている。AA'線での断面を図-2 に示す。低水路幅は約 3m であり、観測区間を含んで河道はほぼ直線である。低水路左岸はコンクリートによって護岸されており、右岸側は盛土である。盛土は図-3 に示す粒度分布をもつシルト混じり砂でつくられている。その斜面上に 1~2m の幅でヨシが繁茂しており、地上茎は 1m<sup>2</sup> あたり 60~70 本分布している。地下茎はよく発達しており、地中 1m 程度まで分布している。写真-1 に示すように、右岸盛土は洪水による侵食作用を受けて縦断方向に波打っているのが分かる。



写真-1 用水路

キーワード：洪水流，水際植生，河岸侵食，流路変動，河川環境

\*広島大学工学部 教授 (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1, TEL, FAX 0824-24-7821, sfuku@ipc.hiroshima-u.ac.jp)

\*\*広島大学工学部 助教授 (同上, TEL 0824-24-7819)

\*\*\*広島大学大学院工学研究科 (同上, TEL 0824-24-7847, gata@ipc.hiroshima-u.ac.jp)

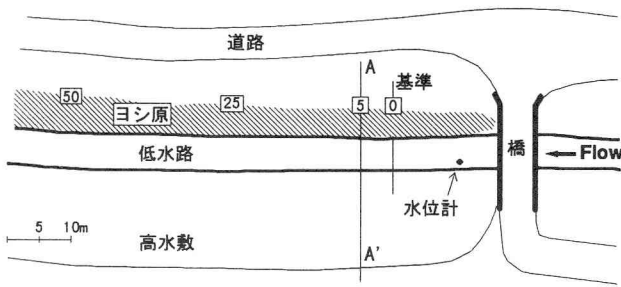


図-1 観測地点の平面形状

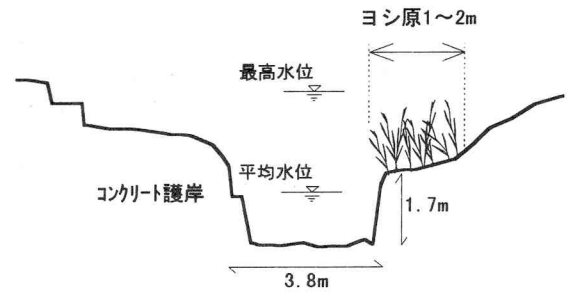


図-2 観測地点の横断形状

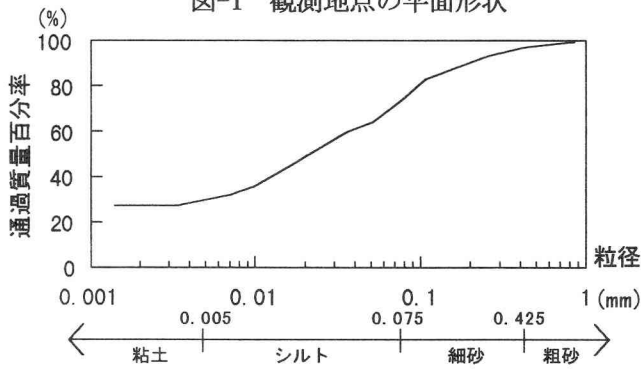


図-3 右岸盛土の粒径加積曲線

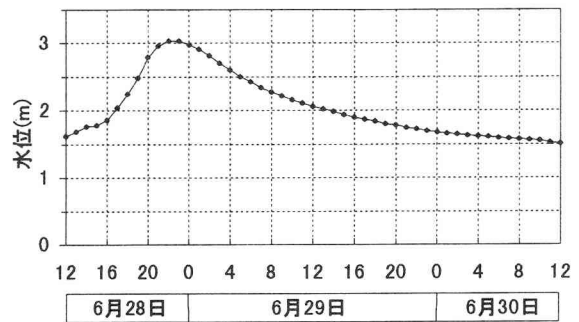


図-4 洪水水位ハイドログラフ

## 2.2 洪水観測の結果

平成9年6月28,29日の当該水路での洪水観測結果について述べる。図-4は用水路の水位計による洪水水位ハイドログラフである。最高水位は3.03m、高水敷の冠水時間は約10時間である。図-5に流量-水位曲線を示す。最大流量は19.1m<sup>3</sup>/sであり、洪水のピーク時には斐伊川本川流量の約1/50が用水路に流入している。

洪水のピーク時から減水期において、浮子および表面浮子により、流量・流速に関する資料を得た。図-6に浮子による表面付近の流速分布を示す。最大流速はほぼ低水路の中央で生じている。右岸高水敷上にはヨシが繁茂しており、そこでは浮子による流速観測は困難であった。写真-2に示すように、洪水中はヨシは水没し倒伏していた。表-1に水面勾配、全断面の平均流速から求めたマンニングの粗度係数、およびその他水理量を示す。

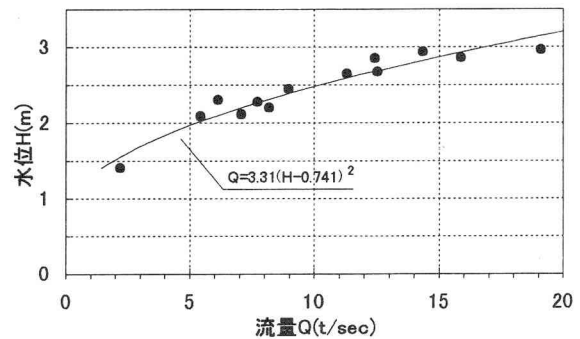


図-5 水位流量曲線

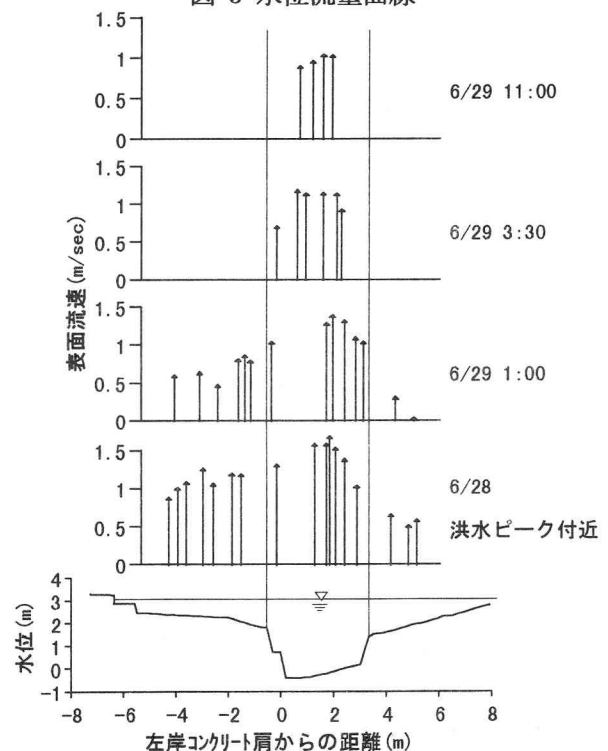


図-6 表面流速の横断分布

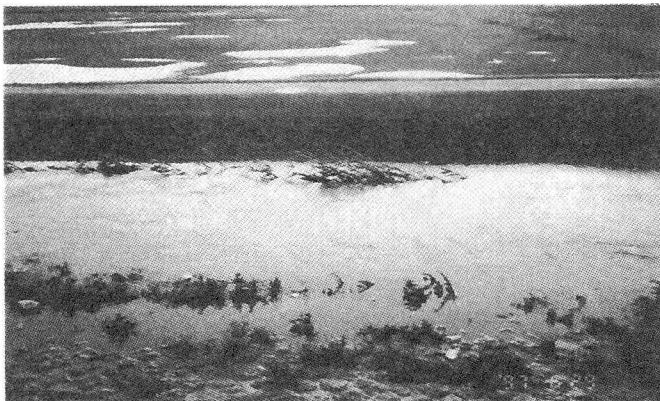


写真-2 洪水時の用水路内ヨシ原の状況 (6/29 a.m. 6:30)

表-1 用水路の水量

時刻	水位 (m)	水面勾配	平均流速 (cm/s)	マンゲの粗度係数	フルド数
6/28 22:00	3.03	1/476	86.0	0.057	0.16
6/29 1:05	2.91	1/667	94.1	0.041	0.18
6/29 3:40	2.63	1/556	98.3	0.036	0.19
7/6	1.30	1/625	67.9	0.045	0.19

図-7は平成9年3月から平成10年3月までの一年間の水位変化を一時間ごとに示している。洪水観測を行った6月の洪水規模を上回る洪水が、7月と9月に起きている。河岸形状の変化を調査した平成9年5月18日から平成9年8月31日までの期間には大きな出水が頻繁に起きている。

右岸のヨシ原河岸が冠水する水位は2m程度である。洪水期間である6月から10月末までの期間で、水位が2m以上となった洪水の時間は228時間であり、この期間の6.2%を占めている。

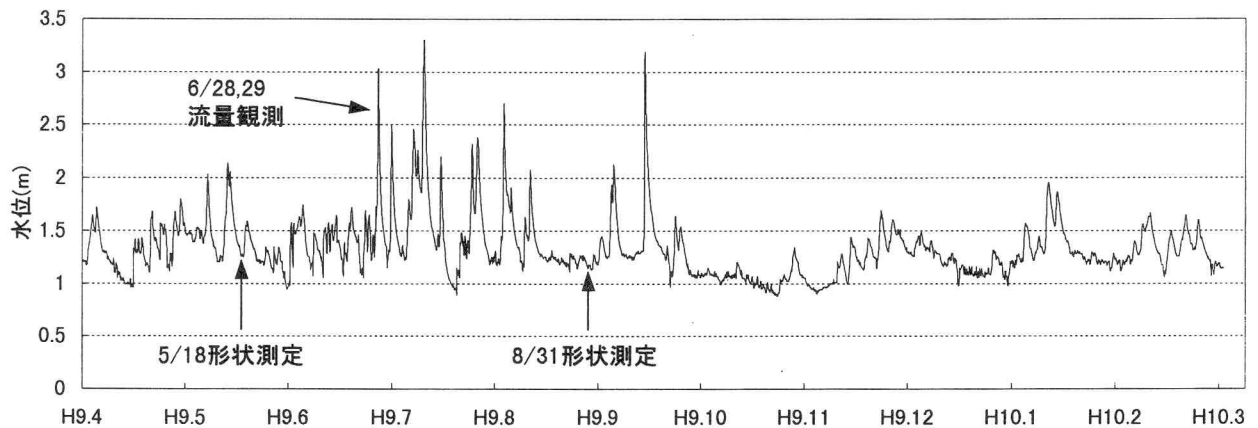


図-7 用水路における年間水位変化

### 3. ヨシ原で覆われた河岸形状の縦断変化

#### 3.1 測定方法

右岸側の形状を得るため、図-8のように上段、中上段、中下段、下段と鉛直方向に4点、縦断方向に120mの観測区間を1m間隔で測定した。左岸のコンクリート壁を基準として標尺を右岸まで伸ばし、川幅を測定し河岸形状とした。ここで、0m地点の基準を断面No.0として、1mごとに断面No.1,2,...,120と呼ぶことにする。

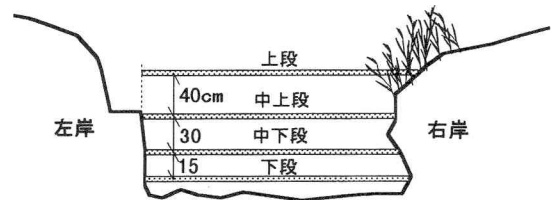


図-8 河岸形状の測定方法

#### 3.2 河岸の崩落状況

写真-3は平成9年8月31日における断面No.20~30付近の右岸の状況を示す。ヨシ原が群生している斜面の上限境界付近が長さ約8mにわたり沈下している。露出した段差面にはヨシの地下茎はほとんど残らずにヨシ原が大きな塊で水中に崩落していることから、ヨシ原外縁付近ですべり破壊が起きたものと考えられる。



写真-3 ヨシ原河岸の崩落状況

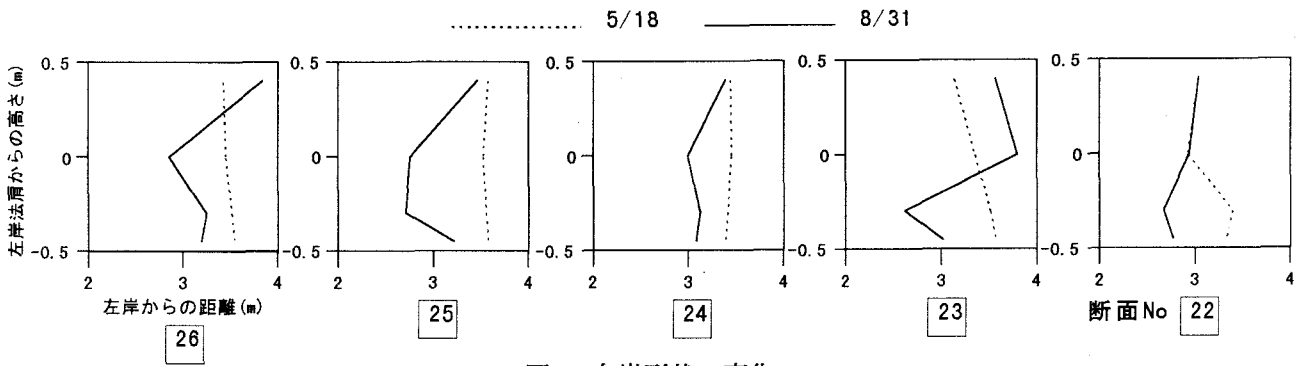


図-9 右岸形状の変化

図-9は1m間隔に測量された斜面の形状を示している。破線は5月18日、実線は8月31日の右岸形状を示している。断面No.23ではすべりが発生し、河岸上部は約0.5m後退し、河岸下部は逆に1m近く河道へ迫り出している。5月までは鉛直に近かった河岸が、8月には斜面形状になっている。この変化は以下のように説明できる。斜面法先の流水による侵食のため、斜面の重力による引張り力に対する地下茎の抵抗力のバランスがくずれ、河岸はすべり破壊を起こした。崩落土塊の表面はヨシ原で覆われているため、流水にさらされても土塊のみの場合に比して細分化が起こりにくい。そのため崩落土塊は流送されにくく、河岸は崩落によって沈下したままの状態を長い間保つことができる。その結果、河岸は斜面形状になったものと説明できる。

### 3.3 河岸形状の縦断変化

図-10は平成9年5月18日と8月31日に測定された右岸形状の縦断変化を示している。4本の線は図-8に示す上段から下段の高さに対応している。図中の説明は5月から8月の間に起こった河岸の変形状態を示している。水路の縦断形の変化は、全体的に見ると次のように説明できる。断面No.30~40の区間で川幅は狭くなり、そこから断面No.70にかけて徐々に広がっている。また断面No.70~80の区間でも川幅は狭くなり、その下流で広がっている。低水路左岸法肩から0.4mの高さでみた川幅は、最も広い断面と狭い断面で2m近くの差となっている。このように右岸は波長約50m、振幅約2mのほぼ周期的な波状流路になっている。

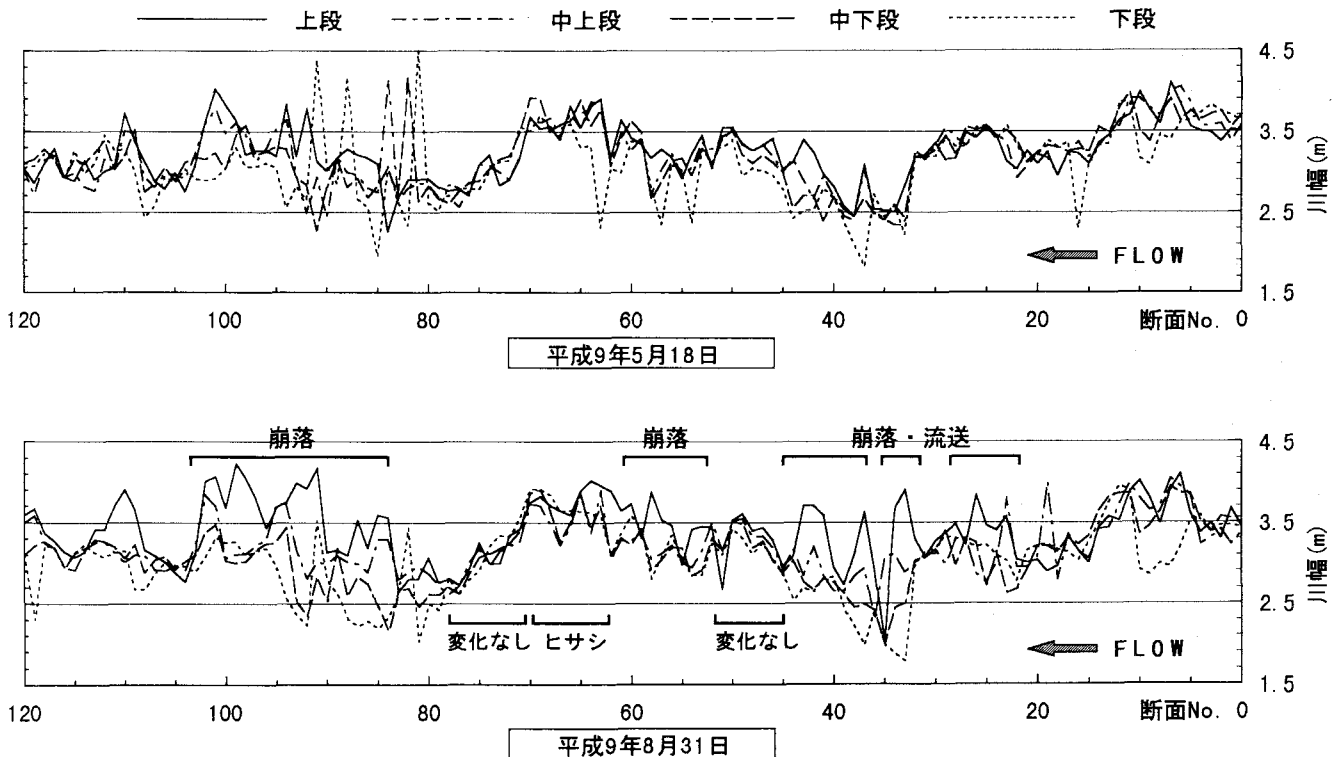


図-10 河岸縦断形状の変化

5月に河岸がほぼ鉛直で川幅の狭くなっていた断面 No. 30~40 の区間は、8月にはすべりによる崩落が起き斜面化している。しかし、そのすぐ下流は変化が見られず流路の侵食はほとんどないが、断面 No. 50~60 の区間で新たなすべり崩落が生じている。また断面 No. 80 より下流の河岸では大規模な崩落が起きている。

断面 No. 30~40 の区間では、河岸が斜面化したことにより、河岸上段では川幅は拡大している。このため、河岸近傍を流れる洪水流の流速が増大し、断面 No. 50~60 の区間の法先が侵食を受け、結果として崩落が起きたと考えられる。その下流の断面 No. 65 付近の区間は崩落が起きておらず、河岸は法先が侵食された状態のヒサシ形状になっている。断面 No. 80 より下流の河岸で大規模な崩落が起きている原因は、断面 No. 80 より下流では川幅が狭く流速が大きくなっているためと考えられる。もう一つの原因として、当該区間では上流に比して斜面上に群生しているヨシ原の範囲が狭いため、ヨシの地下茎・根による河岸保持能力が相対的に小さかったことも考えられる。

### 3.4 流路の変動機構

直線的であった河岸形状が、図-10 に示したような周期性が現れる機構についてさらに考察する。図-11 は縦断的に周期性が現れる機構を模式的に示したものである。洪水により河岸は侵食性の高い個所から侵食され始め、ヒサシ形状をとる。その後ヒサシ部が縦断方向に拡大し、崩落が起こる。河岸が崩落するとその崩落土によって、直下流では流速が遅くなり、その区間では新たな侵食が起こりにくくなる。しかしある距離下流に行くと流速は回復し、そこから再び侵食・崩落の過程が生じる。また崩落土の流送に伴い、流速の回復するまでの距離が短くなり、そこで再び侵食・崩落を繰り返す。このような結果の繰り返しが、河岸形状の周期性となって現れる。

図-12 は断面 No. 30~50 での河岸形状を立体的に示している。8月の河岸形状は、河岸の崩落により斜面上部がテラス化し、斜面下部では崩落土が河道側に迫り出している。斜面上部では、川幅が広がったため下流の河岸には流れが集中しやすくなる。しかし斜面上部はヨシで保護されているため侵食抵抗が大きく、侵食は起こりにくい。一方、斜面下部では崩落土塊が流送されると、次にその直下流で河岸侵食が生じやすくなる。このような機構で侵食が徐々に伝播して河岸が波状を呈していくと考えられる。

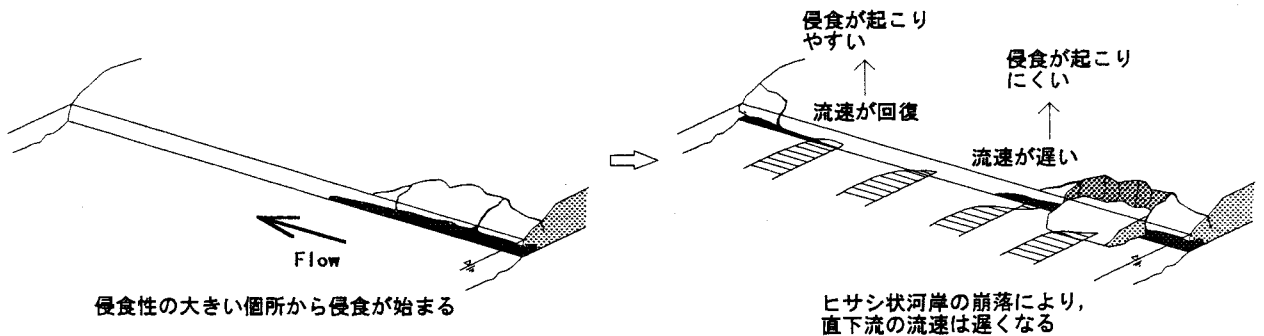


図-11 周期的河岸形状発生メカニズム

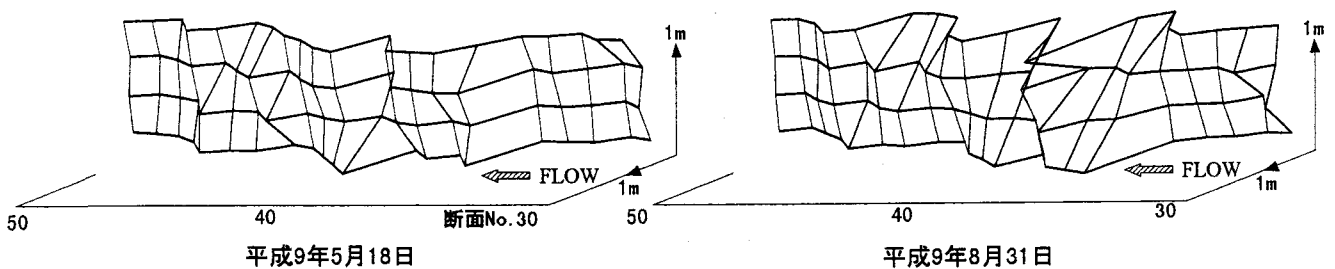


図-12 断面 No. 30~50 区間の河岸形状

#### 4. ヨシ原を有する河岸と粘着性土からなる裸岸の侵食機構の比較

ヨシ原のある河岸の侵食は図-13 に示すように、1)河岸下部の侵食、2)ヒサシ状土塊の崩落、3)崩落土塊の流送という過程の繰り返しによって、河岸全体の侵食が進行していくことが分かった。この過程は、これまでに明らかにされているヨシ原のない粘着性土からなる河岸(裸岸)の侵食過程<sup>1)2)</sup>とほぼ同様と言える。

しかしヨシ原河岸ではヨシ原の存在のため、裸岸に比してそれぞれの過程の進行する速度が著しく遅くなっている。さらに特徴的なことは、ヨシ原の存在は土の侵食抵抗力を高め、裸岸に比して大きなすべり破壊の規模と崩落土塊の流送抵抗をもたらししている。このように、裸岸に比して大きな崩落土塊が長期間にわたり河道に存在しているため、ヨシ原で覆われた河岸は縦断方向に波状の形状を呈する。一方、粘着性土からなる裸岸では崩落の規模、流送抵抗ともに小さいため、一時的には波状を呈しても河岸全体としてみると直線的で鉛直な河岸となる。

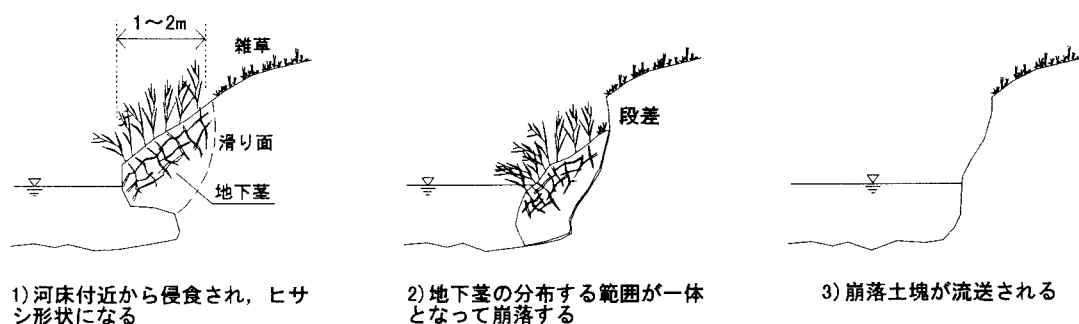


図-13 河岸の侵食、変形機構

#### 5. おわりに

本研究では洪水の頻発する時期をはさんでヨシで覆われた河岸の変形の測定を行うことにより、河岸が縦断方向に周期性を持った波状形状を呈し、流路変動が起きる機構を検討した。これまでの観測によって、用水路の洪水の特徴やヨシ原のある河岸の流路変動について把握ができた。

河岸には度重なる洪水によって、法先に作用するせん断力による洗掘力、水位の上昇・下降に伴う斜面方向への盛土重量の変化といったさまざまな力が作用している。今後は、洪水の観測および河岸の形状測定を継続し、洪水外力と周期的な侵食、流路変動の機構をヨシ原の根の耐力と河岸の崩落スケールに着目し明らかにする。さらに河岸保護工としてのヨシ原を用いることの信頼性の評価、特に洪水時のヨシ原河岸の侵食速度とその侵食深、ヨシ原河岸の修復方法および維持管理方法について検討する。

現地観測を遂行するにあたりご協力いただいた、建設省中国地方建設局出雲工事事務所に深い感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 福岡捷二, 木暮陽一, 佐藤健二, 大東道郎: 自然堆積河岸の侵食過程, 水工学論文集, 第37巻, pp. 643-648, 1993.
- 2) 建設省 荒川上流工事事務所: 河岸侵食・拉幅機構に関する研究 - 荒川上流部低水路河道を事例として -, 1994.
- 3) 福岡捷二, 渡辺明英, 小俣 篤, 片山敏男, 島本重寿, 柏木幸則: 河岸侵食速度に及ぼす土質構造の影響, 水工学論文集, 第42巻, pp. 1021-1026, 1998.
- 4) 福岡捷二, 渡辺明英, 新井田 浩, 佐藤健二: オギ・ヨシ等の植生の河岸保護機能の評価, 土木学会論文集, No. 503/II -29, pp. 59-68, 1994.
- 5) 福岡捷二, 樺澤孝人, 斎藤潤一, 布施泰治, 渡辺明英, 大橋正嗣: 柳水製の試験施工とその機能の現地調査, 水工学論文集, 第42巻, pp. 445-450, 1998.