

# 標津川蛇行復元試験地における 砂州の形成と樹木の生育特性

The relationship between bar generation process  
and growth of trees at re-meandering site of Shibetsu Rive

山本 昌慧<sup>1</sup>・渡邊 康玄<sup>2</sup>・安田 浩保<sup>3</sup>

Masato YAMAMOTO, Yasuharu WATANABE, Hiroyasu YASUDA

<sup>1</sup> 学生員 北見工業大学大学院工学研究科 土木開発工学専攻 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

<sup>2</sup> 正会員 博(工) 北見工業大学教授 社会環境工学科 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

<sup>3</sup> 正会員 博(工) 新潟大学 災害復興センター (〒 950-2181 新潟市西区五十嵐二の町 8050)

It is said that the formation of sandbars in river channels is closely related to the growth of trees invading onto them, and is also controlled by the flow rate. The purpose of this study is therefore to clarify how sandbar development is related to factors such as flow fluctuations and tree growth. At the Shibetsu River meander restoration test site, detailed studies of sandbar formation and the invasion of vegetation onto them are being conducted in a rectangular channel. A vegetation survey was conducted by setting three survey sections (A, B and C) from the sides to the center of the channel in the transversal direction on a sandbar formed on a curve at the test site. The sediment accumulation height was compared with temporal changes in the flow rate and water level to study the relationships between them. Most of the trees here were Japanese fantail willow and *Salix kinuyanagi*.

*Key Words* : bars, bar generation process, growth of trees, re-meandering, Shibetsu Rive

## 1. はじめに

標津川流域は 1945 年まで、蛇行河道による氾濫原の湿地であった。この湿地を土地利用するため、河道の直線化による地下水位の低下と河川水位の低下を目的とした河川改修が行われてきた。しかし一方で、直線化によって河川環境は単調化した。このため、多様な河川環境を創出するために、蛇行復元を実施することとなった。河川環境の復元の方法に関しては、標津川技術検討委員会において、現在三日月湖となっている旧蛇行河道が比較的多く残っていることから、流下能力を確保するために直線化された河道を残し、三日月湖を直線河道に接続させて 2way 河道とし、蛇行復元を行うこととなった。日本では、蛇行復元の先例が無く、河川工学的、生態学的においてもどのような現象が生じるのか不明確であり、さらに 2way 河道という極めて複雑な現象に取り組むということから、河道を再蛇行化した際の河道の変化過程や、自然生態系の変化過程を把握するために、標津川河口から上流約 8.4km~8.6km 地点に試験区間が設けられた。2002 年 3 月 18 日から試験通水が開始され、河道形状の変化の実態が明確になってきている。図-1 は、2008 年 6 月に撮影された試

験地の状況である。そのなかで低水路に形成された砂州上に植生が侵入するという現象が生じた。河道に形成された砂州と、その砂州上に侵入した樹木の生育には密接な関係があると言われているが、砂州の発達は流下する流量によっても支配されており、その関係が明確になっていない。そこで、砂州の発達が流量変動や樹木の成長の因子とどの様に関わっているかを明確にすることを本研究の目的とする。本研究は、標津川蛇行復元試験地において通水後の追跡調査のうち、砂州と河畔林の関係について検討を行ったものである。

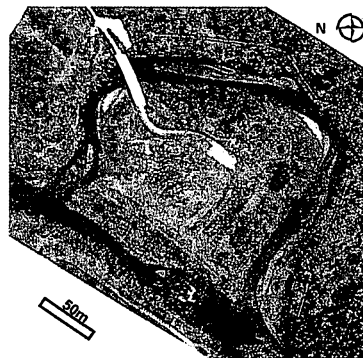


図-1 標津川蛇行復元試験地

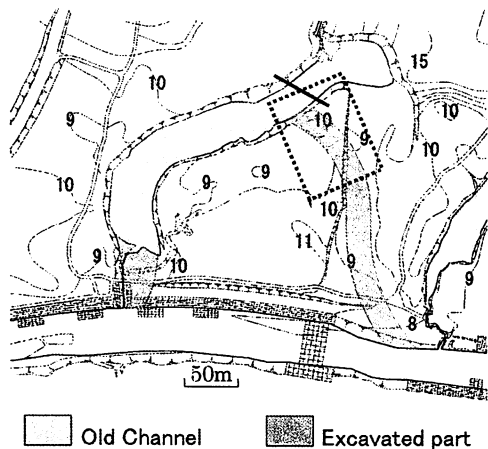


図-2 旧河道と掘削部分

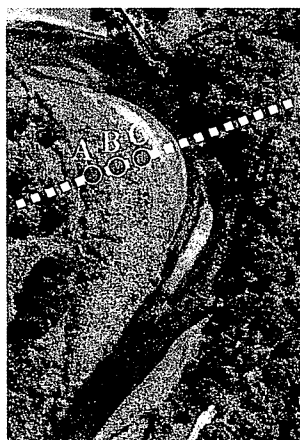


図-3 図-2の点線枠拡大図 調査区A,B,C

## 2. 現地調査

三日月湖を直線河道に接続させ蛇行河道とする際、三日月湖の両端から直線河道に向けて、矩形断面の河道が人工的に掘削された。本研究で着目した砂州は、図-2に示すように通水前に矩形断面に形成された砂州であり、平らな河床から徐々に土砂が堆積し、砂州が形成されて植生が侵入するという現象が順を追って観測されている。植生が侵入している部分の砂州を図-3に示すように横断方向に3区画に分割し、河岸側から流路中央に向けて順に調査区A,B,Cとした。調査区は縦2m×横2mの方形区である。各調査区において、現在の砂州上に侵入している植生の把握を行った。調査項目は、樹種、本数、樹高、樹径である。また各調査区付近において資料木を採取し樹幹解析、樹根解析を行った。ここで樹木は、オノエヤナギをオノエ、エゾキヌヤナギをキヌ、ケヤマハンノキをハンノキと表すこととする。

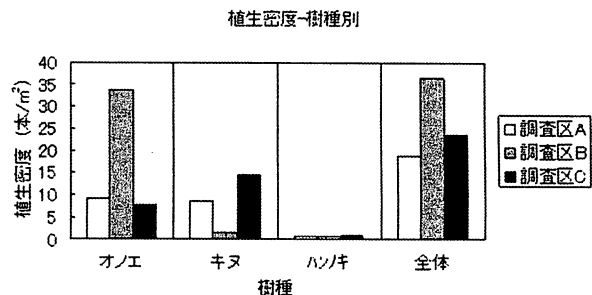


図-4 樹種別植生密度

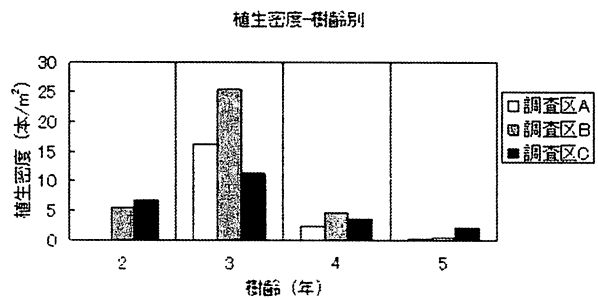


図-5 樹齢別植生密度

### (1) 植生調査

各調査区における樹種とその植生密度を図-4に示す。調査区AとCは、植生密度においてよく似た結果となった。それと比較し、調査区Bではオノエが1m<sup>2</sup>当たり約35本と極端に多く、キヌが1m<sup>2</sup>当たり約2~3本と極端に少ないことが分かった。この原因については、植生が砂州に侵入する際の条件が影響していると考えられる。その条件は、湿度、温度、砂州の土質である。ヤナギ類の種子は、飛散してから1~3週間以内に低温多湿の粘土質の土に落ちないと発芽できずに死んでしまう<sup>1)</sup>。調査区A,B,Cの間隔は約4m程であり、温度湿度に差があったとは考えにくく、挙げられるとすれば、砂州の形成過程の違いによる土質や標高の違いによる土中水分の違いであると言える。また全調査区でハンノキは2~3本と極端に少なく、ヤナギ類に比べるとここでは侵入しにくい樹種であることが推察される。

### (2) 樹幹解析

砂州上に侵入した樹木の生育状況を把握するため、樹木の幹を等間隔で切断し、幹の断面に現れる年輪を測定し、樹高と年輪の関係を調べる樹幹解析を行った。本研究では、各調査区付近から三本ずつ資料木を採取し、樹高と年輪の関係を把握した後、それぞれの関係を各調査区全てのヤナギに割り当てることとした。結果を図-5に示す。これにより、樹齢3年のヤナギが全ての調査区において突出して多いことが分かった。次いで樹齢4年のヤナギが各調査区において多いことが分かった。樹齢2年のヤナギは調査区B,Cでは1m<sup>2</sup>当たり約



地点 A-1  
 樹種 オノエヤナギ  
 根元径 3.40 cm  
 樹高 430 cm  
 樹齢 5年

2003年の春~夏(洪水後)にかけて砂州に侵入し、発芽したと思われる。  
 三段階に分けて密集する不定根が確認できる。  
 三回の土砂堆積を経験していると思われる。  
 粘土質の土が大部分を占める。  
 砂礫層の部分は水を多く含み、太い根は無い。

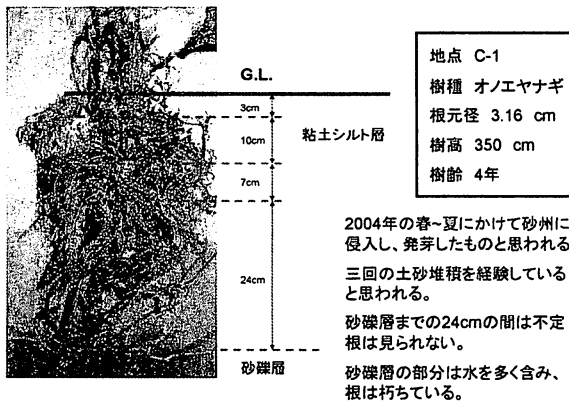
図-6 調査区 A 付近1 樹根解析



地点 B-1  
 樹種 エソキヌヤナギ  
 根元径 3.00 cm  
 樹高 370 cm  
 樹齢 4年

2004年の春~夏にかけて砂州に侵入し、発芽したと思われる。  
 三段階に分けて密集する不定根が確認できる。  
 三回の土砂堆積を経験していると思われる。  
 粘土質の土が大部分を占める。  
 砂礫層の部分は水を多く含み、根は朽ちている。

図-7 調査区 B 付近1 樹根解析



地点 C-1  
 樹種 オノエヤナギ  
 根元径 3.16 cm  
 樹高 350 cm  
 樹齢 4年

2004年の春~夏にかけて砂州に侵入し、発芽したと思われる。  
 三回の土砂堆積を経験していると思われる。  
 砂礫層までの24cmの間は不定根は見られない。  
 砂礫層の部分は水を多く含み、根は朽ちている。

図-8 調査区 C 付近1 樹根解析

5本、調査区 A では見られないという結果になったが、調査区 A には葉が落ち枯れたヤナギが多く見られ、その樹高が樹齢2年のヤナギに相当する。枯れたヤナギは調査対象としていなかったため、このような結果となった。樹齢2年のヤナギがほとんど枯れてしまった原因として、樹齢3年と4年のヤナギによる太陽光の遮断が考えられる。また、樹齢4年のヤナギが樹齢3年のヤナギより全体的に少ない原因は、砂州の生長とも関係があると考えられ、次節で詳しく考察することとする。

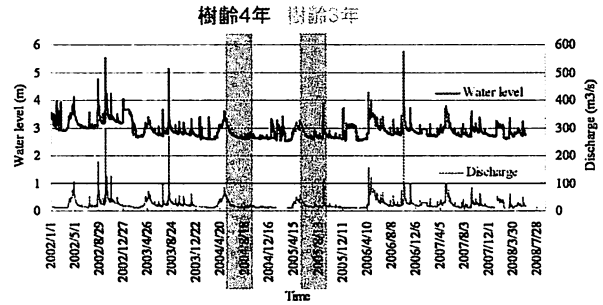


図-9 樹齢4年と3年のヤナギが侵入した時期の標津川の流量応答

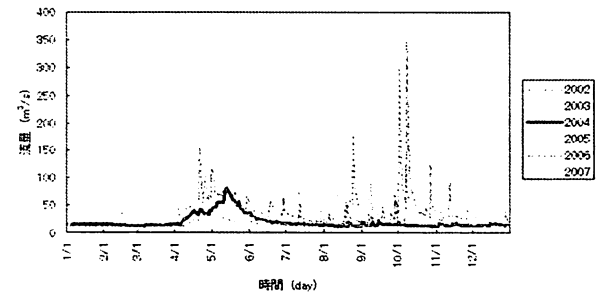


図-10 標津川における2002年~2007年の年度別流量比較

### (3) 樹根解析

ヤナギは、根部に土砂が堆積すると不定根を形成する。このことから、砂州の発達とヤナギの生育の関係を調べるために、樹根解析を行った。樹根解析により、ヤナギの根に存在する不定根とその間隔から土砂堆積の頻度、量を調べることが可能である。河道に形成される砂州に侵入したヤナギは、土砂の洗掘によって流出してしまうか、または土砂堆積によって不定根を形成させる。樹幹解析で調査した9本のヤナギ全ての根について調査を行った。例として各調査区1本の結果を図-6,7,8に示す。

## 3. 固定砂州の形成と樹木の生育

### (1) ヤナギの侵入時期と流量応答

樹齢4年と樹齢3年のヤナギが各調査区において多く見られることは前章において述べた。この樹齢4年と樹齢3年に着目し、標津川の流量水位経年変化グラフとを比較したものが図-9である。横軸は時間、縦軸は流量と水位である。グラフを見ると、標津川は2002年から4回の大規模な出水を経験している。順に、2002年8月25日:流量178.22m³/s、2002年10月2日:流量298.37m³/s、2003年8月10日:流量271.09m³/s、2006年10月8日:流量347.69m³/sである。標津川の通常時の流量約20m³/s~80m³/sと比較すると極めて大きな規模であったことが分かる。

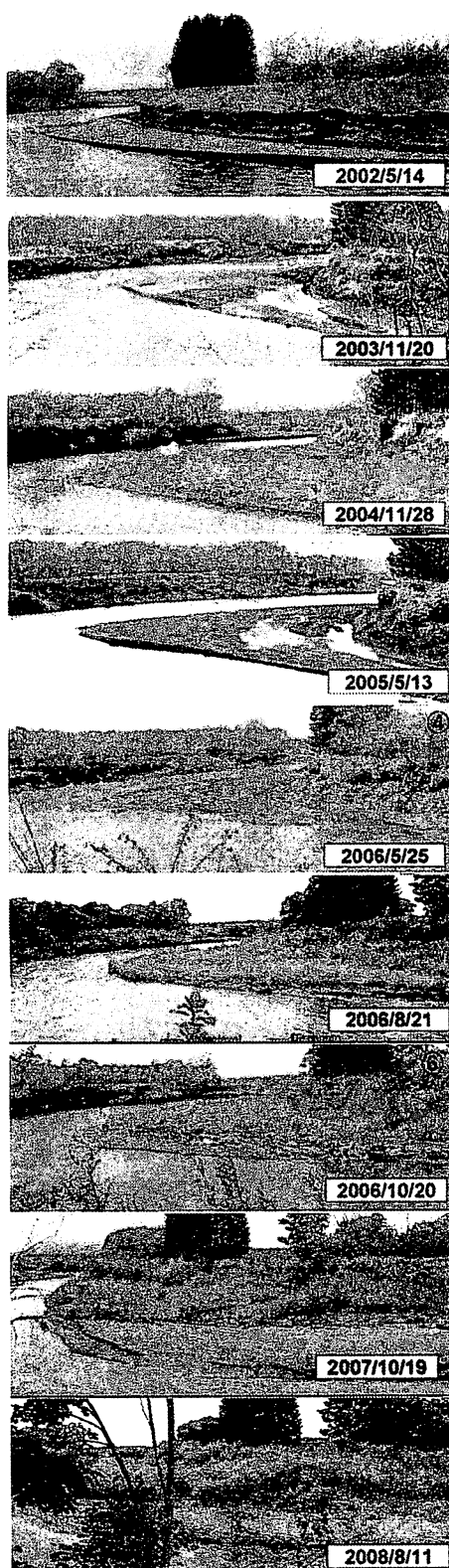


図-11 定点観測写真

樹齢4年と樹齢3年のヤナギはこのうち、2003年8月10日:流量 $271.09\text{m}^3/\text{s}$ の洪水と2006年10月8日:流量 $347.69\text{m}^3/\text{s}$ の洪水の間に侵入している。

また図-10からは2004年は出水がなく、他の年に比べ極端に流量が少なかったことがわかる。樹齢4年のヤナギが樹齢3年のヤナギより全体的に少ない原因は、樹齢4年のヤナギが侵入した年は丁度その年にあたり、水位の低下に伴い、砂州上の大部分が乾燥状態となり、種子が発芽できなかったためと思われる。樹齢3年のヤナギはその点非常に恵まれており、砂州に侵入した2005年、侵入に十分なスペースと平年並みの雨量と水位を確保することができたため、大量に発芽し現在に至ると考えられる。洪水の発生しない期間が2~3年あるとヤナギの種子は大量に砂州に侵入し発芽、成長するが、その間に渇水年が存在する場合、ヤナギの種子は侵入はするが、発芽は抑制されると考えられる。また、砂州に侵入したヤナギの種子は、その砂州が低温多湿の条件であればすぐに発芽する。各調査区A,B,Cが写されている図-11の定点観測写真を見ると、2006年8月21日の写真には、2004年と2005年に侵入したヤナギが写っており、その後2006年10月8日:流量 $347.69\text{m}^3/\text{s}$ という既往最大の洪水が発生するが、洪水後の2006年10月20日に撮られた写真を見ると、ヤナギが洪水に耐え残っていることが確認できる。標津川蛇行復元地において樹齢1年のヤナギは、比較的大きな出水にも耐えることが明らかとなった。なお、図-11の定点観測写真は、砂州の形成過程の説明すなわち、人工的に接続された矩形断面の河道に砂州が形成され、樹木が侵入し、洪水に耐え、現在の植生に至ると一つの流れを説明することは可能であるが、撮影された日より水位が異なっているため、砂州の詳細な発達までは、検討することができない。

## (2) ヤナギの侵入と成長による堆積応答

砂州に侵入したヤナギの種子が、発芽し成長した場合に砂州に与えると思われる影響を考える。前節でも述べたが、ヤナギは発芽から1年という短い期間でも蛇行復元地に大きな影響を及ぼしていると考えられる。この影響が顕著に表れているのが各調査区の河床高の変化である。各調査区の河床高の変化を図-12に示す。図-12には、標津川流量水位経年変化のグラフも合わせて表している。なお、2つのグラフの時間軸は同じである。2003年8月10日:流量 $271.09\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が発生した後、調査区Cの河床が急激に上昇していることが確認できる。その後、調査区Cの影響を受けて調査区A,Bにてゆっくりとした土砂堆積が見られる。さらに図12には、現在樹齢4年のヤナギが侵入した2004年春~夏、及び1年後の2005年春~夏をそれぞれ枠で囲っている。この間、ヤナギは樹高0mから1m程度へと成長し、調査区B,Cにて堆積高の上昇が見られる。この堆積高の上昇は、ヤナギの生長に伴う流水抵抗の

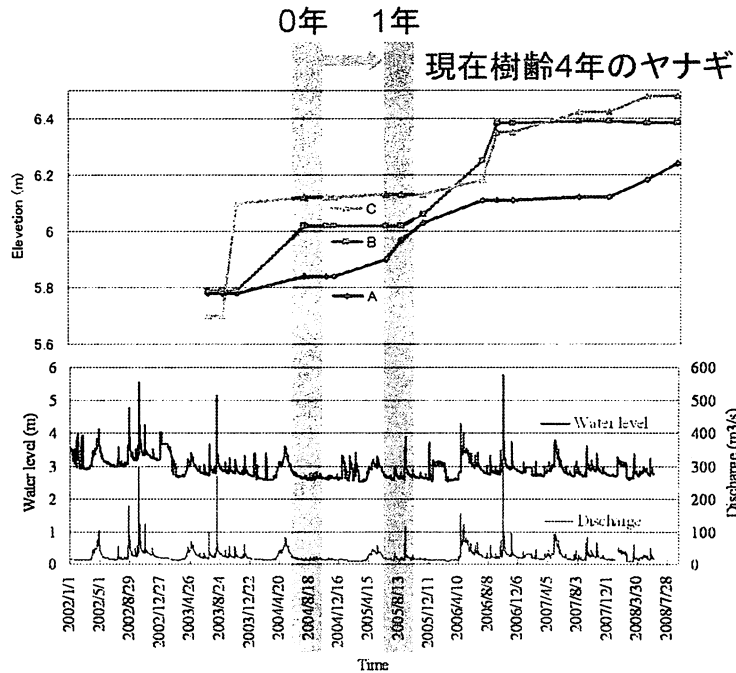


図-12 樹齢4年のヤナギの成長による堆積応答

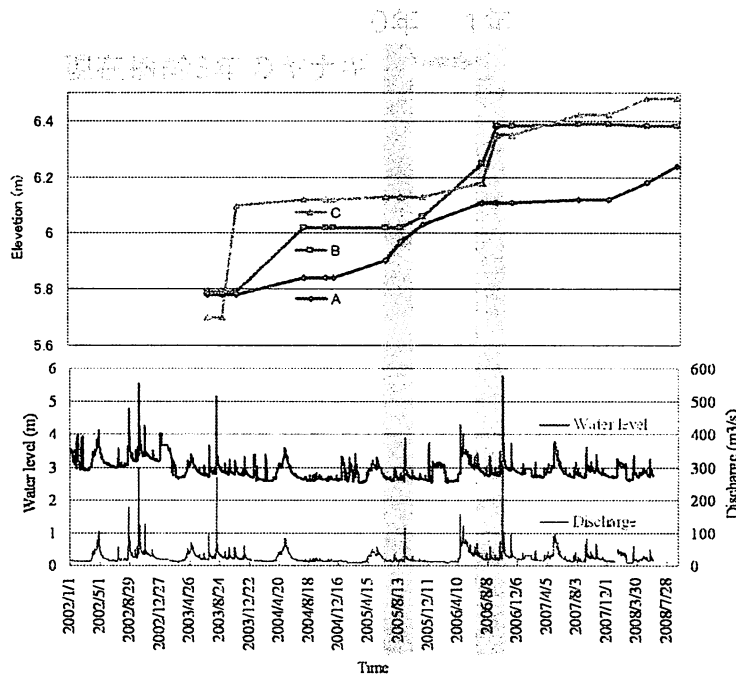


図-13 樹齢3年のヤナギの成長による堆積応答

増加により、土砂の堆積が促進されたことによるものと考えられる。同様に、図-13には、現在樹齢3年のヤナギが侵入した2005年春～夏、及び1年後の2006年春～夏をそれぞれ枠で囲っている。この間、ヤナギは樹高0mから1m程度へと成長し、調査区A,Bにおいて河床高の上昇が見られる。この河床高の上昇も、同様の理由によるものと考えられる。その後2006年10月8日:流量347.69m<sup>3</sup>/sという既往最大の洪水が発生

した。一般に大規模な洪水の場合湾曲部の流れは、内岸に主流が寄り、このため内岸に形成されている砂州が浸食を受ける。しかし各調査区の標高に変化は見られず、洗掘、堆積ともに生じなかった。以上のことから砂州の大部分を占める樹齢4年と樹齢3年のヤナギが、現在の固定砂州を形成したものと考えられる。



図-14 標津川蛇行復元試験地を簡略化した格子モデル

#### 4. RIC-Nays による検証

砂州上に植生が侵入することによって、砂州の形成過程に影響を及ぼすことが考えられる。そこで RIC-Nays 及び 2 次元河床変動解析プログラムを活用し、一般座標系二次元不定流河床変動計算モデル<sup>2)</sup>を用いた数値実験によって、植生による砂州の形成過程への影響を検証することとした。

##### (1) 計算条件

数値実験を行うにあたって作成した格子モデルを図-14 に示す。標津川蛇行復元試験地をモデルとし、流路長 1000m、流路幅 30m、勾配 1/500、流量 20m<sup>3</sup>/s、河床材料粒径 10mm とした。ケース 1 として、移動床のみの砂州の形成過程を把握することとした。通水時間は 200hr としている。また、ケース 2 として、ケース 1 において通水時間 200hr 後に形成された砂州上に植生抵抗を与え、砂州の変形過程を把握することとした。両ケースの砂州の形成過程を比較し、植生の侵入が砂州の形成過程に与える影響を明らかにすることとした。

##### (2) 結果と比較検証

計算により得られた河床の変動を比較するために、ケース 1,2 にそれぞれ標津川蛇行復元地と同じ様に調査区 A,B,C を割り当て、調査区別の河床変動グラフを作成した。図-15 がケース 1、図-16 がケース 2 の結果である。両者を比較すると、植生による抵抗が生じるケース 2 の調査区 A,B,C は、砂州が洗掘されずに、ゆっくりとした土砂の堆積が見られる。一方、植生による抵抗が生じないケース 1 では、洗掘、堆積を繰り返す傾向が見られる。

#### 5. まとめ

出水による河床の攪乱を考えた場合、ヤナギの砂州への侵入は、1年という短い期間でも極めて大きな問題となることが明らかとなった。発芽から1年という短い期間を経たヤナギは、大出水でも流出せず、逆に砂州の破壊を防ぐ役割を果たしていることが明らかとなった。RIC-Nays による数値実験の 2 ケースで砂州の形成

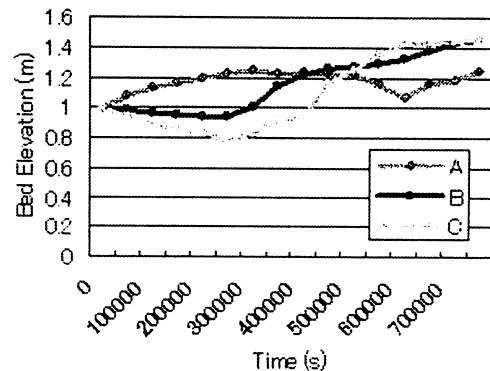


図-15 ケース 1 調査区 A,B,C における時間-河床高グラフ

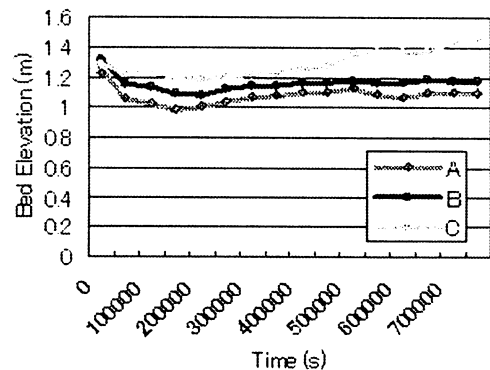


図-16 ケース 2 調査区 A,B,C における時間-河床高グラフ

に大きな違いが見られ、大出水時に湾曲内岸側の砂州が、植生によって洗掘されないことが明らかとなった。しかし、今回の数値計算は掃流砂のみの影響を考慮したものであり、浮遊砂の影響を考慮していない。今後の課題として、浮遊砂も考慮に入れた数値計算を行うことによって、植生の侵入による砂州の形成過程への影響をより詳しく把握することができると思われる。

#### 参考文献

- 1) 長坂有：河畔に生えるヤナギ類, 流域保全科
- 2) (財) 北海道河川防災研究センターの HP (<http://i-ric.org/nays/ja/index.html>)
- 3) 渡邊康玄, 長谷川和義, 森明巨, 鈴木優一：標津川蛇行復元における 2way 河道の流況と河道変化, 応用生態工学 7(2), pp.151-164, 2005 年
- 4) 桑村貴志, 渡邊康玄, 中山仁：礫床河川における砂州の地形変化と植生域変化について, 北海道開発土木研究所月報, No.627, 2005 年 8 月
- 5) 渡邊康玄, 三谷修司：鵲川 KP14.1~KP15.2 における河道内植生の変遷と平成 4 年 8 月洪水による河道内樹木の倒伏状況調査, 開発土木研究所月報, No.483, 1993 年 8 月

(2009. 4. 9 受付)