

# 2005年美唄川出水の樹木群落を含む 流速鉛直分布の観測

SURVEY OF VERTICAL FORMATION OF FLOW VELOCITY  
WITH RIPARIAN WOODS ON 2005-FLOOD IN BIBAI RIVER

阿部修也<sup>1</sup>・渡邊康玄<sup>2</sup>・桑村貴志<sup>3</sup>

Shuya ABE, Yasuharu WATANABE and Takashi KUWAMURA

<sup>1</sup>正会員 独立行政法人 北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

<sup>2</sup>正会員 工博 独立行政法人 北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

<sup>3</sup>正会員 国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部 (〒060-8541 札幌市中央区北2条西19丁目)

Riparian wood area is assumed to be dead water section on study for flowing ability. But, calculation results of water level might not correspond with observations on medium-small scale rivers.

We surveyed about vertical formation of flood flow velocity on the cross section including riparian wood area in Bibai River on August 22, 2005.

As a result, about 27% of total flow quantity flowed down through the riparian woods on this survey section. And, formation of flow velocity on woods area almost agrees with the theoretical value. But, formation of flow velocity outside the woods is lower than the theoretical one.

**Key Words :** vertical formation, flow velocity, riparian woods, dead water section, Bibai River

## 1. はじめに

河道の実情を正確に把握し、現況河道流下能力を正しく評価することは、より効率的かつ効果的な治水事業を行ううえで必要不可欠なことである。一方で、近年河川管理者は生態系に配慮した河川環境の整備が求められており、河道内樹木の保全に努める一方、集中豪雨に伴う河川氾濫の頻発など、様々な要因を考慮した治水対策、河川管理に苦慮している。

この中で、近年の河道計画の策定においては、安全側を採る考えから樹木群を死水域とした準2次元による不等流計算で流下能力を算定しているが<sup>1)</sup>、中小河川においては河道断面に占める樹木域の割合が高く、樹木群を死水域扱いとすることにより水位の再現精度が低下する場合もあり、樹木群内を低流速域として扱う方が実情に近いこともある。しかしながら、洪水時の樹木群内における流況を実測した事例は非常に少なく、また計測手法も確立されていないため、その扱いについて、まだまだ不明確な点が多い。

本研究は、2005年8月21～22日の降雨に伴う出水時に美唄川で実施した現地観測結果を基に、河道内樹木が及ぼす河道の流況について検討を行った。

## 2. 河川と出水の概要

美唄川は、北海道を代表する河川、石狩川のKP64.0kmの左岸側に合流する1次支川であり、北から南へ流れる石狩川に対し東側に位置する山地から美唄市街を経て西に流れて合流している。流域面積は93.9km<sup>2</sup>、流路延長



図-1 美唄川の出水と河畔林の状況 (8月22日撮影)



図-2 美唄川位置図

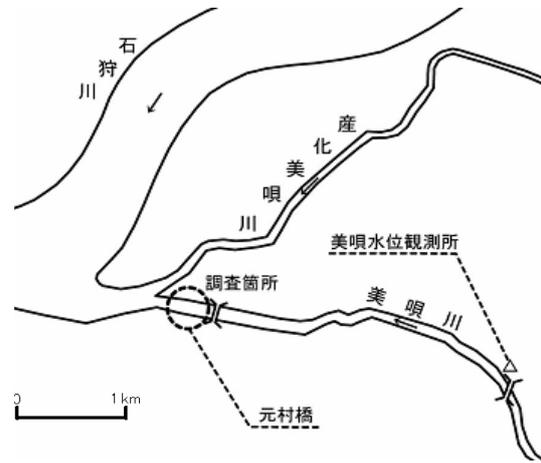


図-4 調査箇所図



図-3 8月21～22日前線による大雨に伴う洪水における時間降雨量(美唄山)と美唄水位観測所水位の変動状況

は、21.8kmである(図-2)。

美唄川流域の下流側は石狩低平地であり、広く泥炭地が分布しているが、明治以降、先人により積み重ねられた石狩川の改修、土地改良事業等により、現在では北海道を代表する穀倉地帯として発展している。現在、石狩川本川に接続している石狩川合流点から約1,900mの河道は、大正期の土地改良事業による新水路掘削<sup>2)</sup>で石狩川にショートカットされた流路が基になっており(図-4)、当時から低平地であるがゆえの出水被害の深刻さをうかがわせる。

今回調査を行った出水は前線による大雨に伴うもので、2005年8月21日から翌22日にかけて北海道西部を中心に各地で累計100mmを越える降雨をもたらし、図-3に示すように美唄川上流の美唄山雨量観測地点においても累計で121mmを観測した。また、この大雨により各地で警戒水位・指定水位の超過が発生しており、美唄川支川の産化美唄川でも警戒水位に達している(図-1)。

### 3. 調査地点及び調査方法の概要



図-5 調査箇所の状況図  
(写真提供：石狩川開発建設部)



図-6 ラジコンボートによる観測状況

#### (1) 調査箇所

調査は美唄川KP1.8kmにある元村橋の下流の河道において、出水後半の22日午後から行われた。水位はほぼ低水路満杯の状態である。

当該地点付近は、低水路及び高水敷にかけてヤナギ類の河畔林が分布しており、調査断面においては、図-5に示されるように低水路幅50mの内右岸側約10m、左岸側約15mにかけてヤナギ林が繁茂していた。

また、調査箇所の河床勾配は1/1250(計画 1/1159)、観測時(8月22日16:15)の水位はEL 12.623mであった。

#### (2) 調査方法

流速分布の計測は、ラジコンボートに搭載したADCPを用い、ラジコンボートが航行可能な様に樹木群内を1m

表-1 使用ADCP諸元表

|         |  |
|---------|--|
| 重量      | 7.6kg  |
| 周波数     | 1200kHz/600kHz/300kHz                                    |
| 設定層厚    | 5cm~4m (1200kHz), 10cm~8m (600kHz),<br>20cm~16m (300kHz) |
| 最大測定レンジ | 20m(1200kHz), 70m(600kHz), 175m(300kHz)                  |
| 測定可能流速  | 最大 ±20m/s  |
| 分解能     | 1mm/s  |

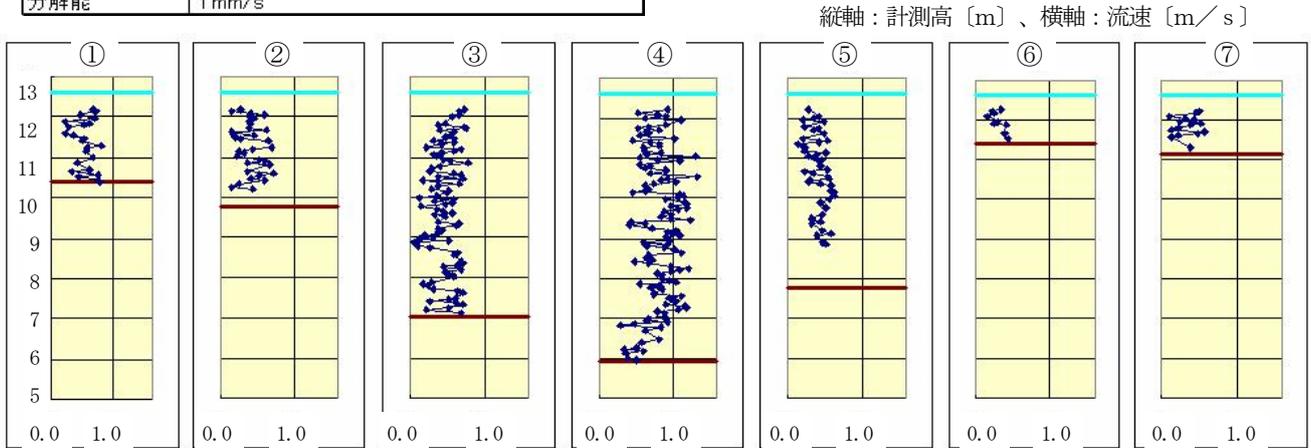


図-7 流速の鉛直分布観測結果

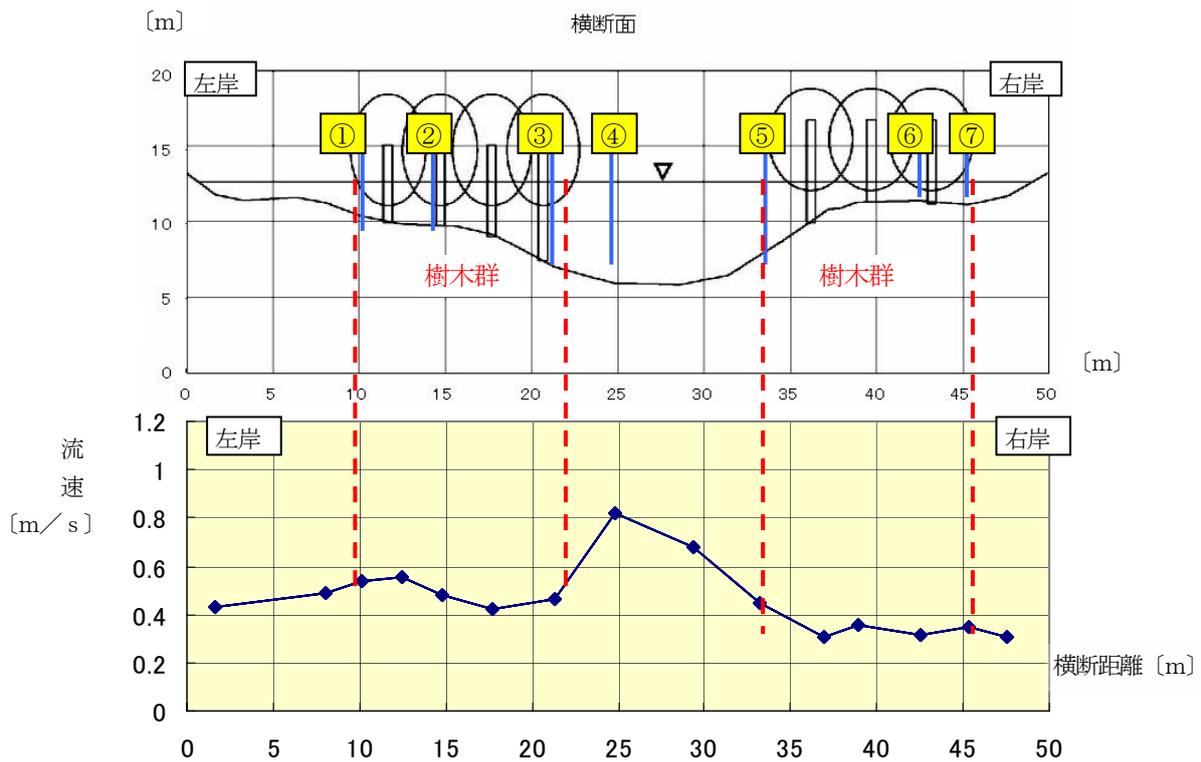


図-8 鉛直流速分布を平均した流速の横断分布

幅ほど伐開して行った (図-6)。

観測は、周波数1,200kHz、水深方向に層厚5cm、層数200(max)、計測間隔4秒と設定して測定断面にボートを航行させた。

表-1に使用したADCPの諸元を示す。

#### 4. 調査結果および考察

##### (1) 流速分布の状況

調査断面のうち、ADCP計測点における流速の鉛直方向分布観測結果を図-7に示す。また、各点の流速分布を平均して横断面図で示したものを図-8に示す。

これらから、河道中心部における流速は他の部分より大きい状況が確認できる。一方、樹木群内における流速は観測データの細かなばらつきはあるもののほぼ河床から水面まで0.5m/s前後の流速が観測された。この結果、

当該断面の観測時全流量約  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  に対して、約  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  が樹木群内を流下していることが明らかとなった。

## (2) 樹木群内外における流速分布の理論式

### a) 樹木群内水深方向流速分布

ここで水深により無次元化された河床からの高さ  $z$  における下流方向の樹木群内における無次元の流速  $u_t$  は、渡邊ら<sup>3), 4)</sup>の研究により以下の式で表すことができる。

$$u_t = \sqrt{\frac{2}{A}} \left[ 1 + \frac{2}{\chi^2} \{ c_0 \exp(\chi z) + c_1 \exp(-\chi z) \} \right] \quad (1)$$

ただし、 $0 \leq z \leq h_t$

と表される。ここで各記号は以下のとおりである。

$$A = ac_d, \quad K = \frac{\kappa}{6}, \quad \chi = \left( \frac{2A}{K^2} \right)^{1/4}$$

$$c_0 = \frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha}$$

$$c_1 = c_0 \exp(2\chi h_t) - \frac{\chi^3}{4} (1 - h_t) \exp(\chi h_t)$$

$$\alpha = 16c_b \{ \exp(2\chi h_t) + 1 \}^2$$

$$\beta = 8\chi \left[ c_b \chi \{ \chi (h_t - 1) \exp(\chi h_t) + 2 \} \right.$$

$$\left. \{ \exp(2\chi h_t) + 1 \} + A \{ \exp(2\chi h_t) - 1 \} \right]$$

$$\gamma = \chi^4 \left[ c_b (h_t - 1) \exp(\chi h_t) + 2 \right]^2$$

$$+ 2A (h_t - 1) \exp(\chi h_t)]$$

また、 $u_t$  : 樹木群内流速 ( $= \tilde{u}_t / \tilde{u}_*$ )、 $\tilde{u}_*$  : 摩擦速度 ( $= \sqrt{\tilde{g}\tilde{h}_i}$ )、 $z$  : 無次元の水深方向座標軸 ( $= \tilde{z} / \tilde{h}$ )、 $a$  : 無次元樹木密度 ( $= \tilde{d}\tilde{h} / \tilde{s}\tilde{l}$ )、 $C_d$  : 樹木の抵抗係数、 $C_b$  : 河床の抵抗係数、 $\kappa$  : カルマン定数、 $\tilde{d}$  : 樹木の直径、 $\tilde{s}$  : 樹木の横断方向間隔、 $\tilde{l}$  : 樹木の縦断方向間隔、 $h_t$  : 樹木群内の無次元高さ ( $= \tilde{h}_t / \tilde{h}$ )、 $\tilde{h}$  : 水深、 $\tilde{h}_t$  : 樹木群高さ (樹木群の高さが水深を超える場合は水深) である。

また、 $\sim$  のついた変数は有次元を表す。

表-2 測定断面付近の樹木状況

| 調査面積                          | 樹木本数                     | 平均樹径     |
|-------------------------------|--------------------------|----------|
| 32 (㎡)<br>[4m×4m、<br>左右岸各1箇所] | 63本<br>[右岸34本、<br>左岸29本] | 7.0 (cm) |

### b) 樹木群外水深方向流速分布

次に、水深で無次元化された河床からの高さ  $z$  における下流方向の樹木群外における無次元の流速  $u_0$  は、渡邊ら<sup>3), 4)</sup>の研究により以下の式で表すことができる。

$$u_0 = -\frac{3}{\kappa} z^2 + \frac{6}{\kappa} z + \frac{1}{\sqrt{C_b}} \quad (2)$$

## (3) 無次元化観測データと理論式の比較

樹木の密度係数  $\tilde{a}$  は、現地樹林内の樹木調査 (代表的な  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  の範囲を左右1箇所) より単位面積当たりの樹木本数およびその平均樹径を求め算出した (表-2)。

また、 $C_b$  については油川ら<sup>5)</sup>の行ったように樹木による影響が無い近傍箇所での流速分布を観測して、その平均流速  $\langle u_0 \rangle$  から次式を用いて算出した。

$$\langle u_0 \rangle = \frac{2}{\kappa} + \frac{1}{\sqrt{C_b}} \quad (3)$$

以上から、観測結果を無次元化して理論式との比較を行った。結果を次頁 図-9 に示す。これによると樹木内の観測位置②、③、⑥については、観測値にばらつきがあるものの、ほぼ理論式に合致した鉛直流速分布を示している。両端の①、⑦については水深が浅く河岸と樹林に挟まれた箇所であるため分布が不安定である。⑤については、見かけ上は河畔林外であるが流速分布はほぼ樹木群内の理論式に近く、樹木群による影響が強く表れているといえる。また同様に④も流心に近い樹木群外であり、最も流速が早い箇所であるが、樹木群の影響を受けた流速分布を示している。

次に、無次元で求めた理論の鉛直流速分布を平均して、有次元化した横断方向の流速分布を図-10 に示す。ここには比較のため、樹木影響を受けない樹木外の理論値も併せて示した。

これによると、樹木群内における流速分布は実測値が理論値を全体的に若干上回っているものの、おおむね理論式と適合している。一方、樹木群外では、実測値が理論値を大幅に下回っている。このうち河道両端部については、水深の浅さ、河岸及び樹木群に挟まれた狭い断面の影響が強く表れていると考えられる。また、幅10m以上の河道中心部についても、樹木影響を受けない樹木外の理論値より大幅に流速が低く現れており、両岸にある樹木群の影響を強く受けていると言える。

横断面

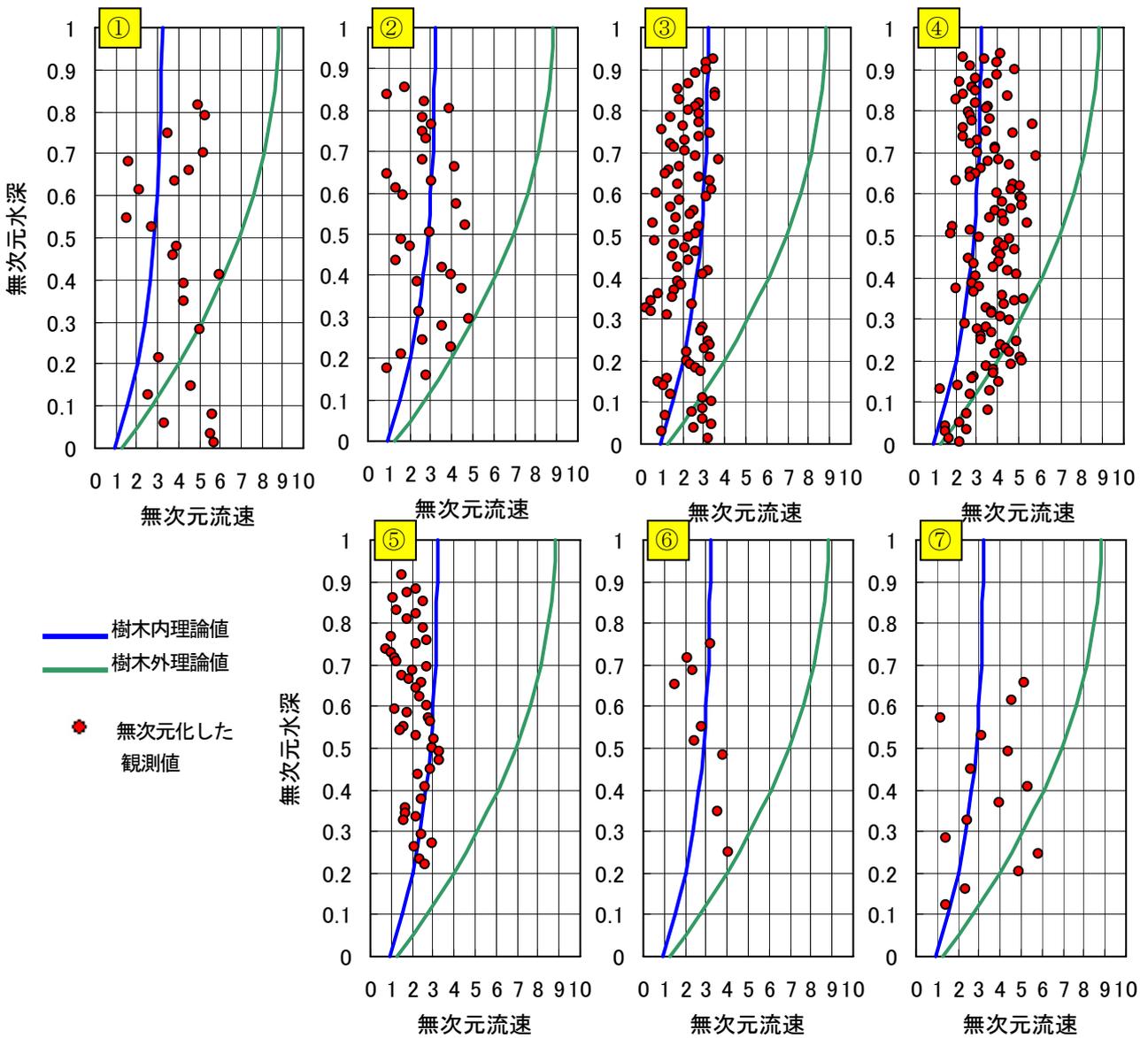
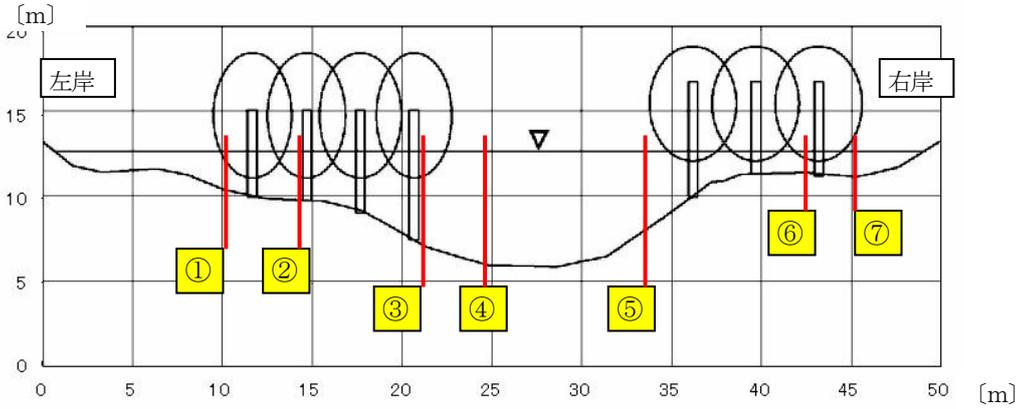


図-9 無次元流速の鉛直分布

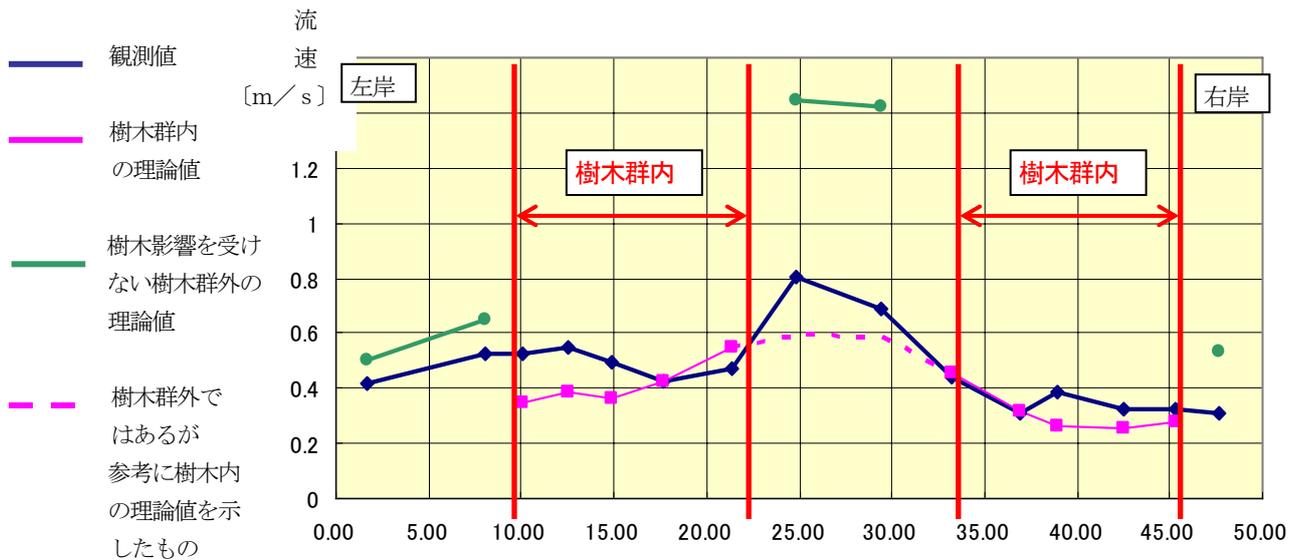


図-10 鉛直流速分布を平均した流速の横断分布 横断距離 [m]

## 5. まとめ

今回の調査は、予期せぬ集中豪雨にともない急遽現地踏査・観測適地の選定・現地観測を実施している。そのため、洪水ピーク付近での観測はできなかったものの、樹木と水理量に関する貴重なデータが観測できたと考えている。

この検討により、以下の事が明らかとなった。

- ・洪水時の樹木群内における鉛直流速分布は、おおむね理論式と適合しているが、両岸に樹木群が存在する河道では、河道中心部においても樹木群の影響を受ける分布を示すことがある。
- ・鉛直流速分布を平均した流速の横断分布においては、樹木群内は理論値よりやや高めの流速を示し、河道中央部では、逆に理論値よりかなり低めの流速を示した。
- ・当該観測断面においては、全流量の1/4強が樹木群内を流下していたことから、中小河川の流下能力算定において樹木群を一律に死水域とすると実情に合わないことがある。

なお、河道中心部への影響がどの範囲まで及ぶかはまだ不明確であることから、今後、両岸に樹木群のある河道の河道規模、樹木群規模等から樹木群外における樹木群影響範囲の検討を進めていきたいと考えている。

**謝辞：**本論文における調査データ・写真等は、国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部より提供いただいたものです。また、データ整理については、(株)シン技術コンサルタントの協力をいただきました。ここに記して、謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 石狩川治水史：(財)北海道開発協会，pp.323, 1980.
- 2) 河道計画検討の手引き：(財)国土技術研究センター編，山海堂，2002.
- 3) 渡邊康玄，北條紘次，清水康行：樹木の存在する河道の流況特性，水工学論文集第35巻，pp. 471-476, 1991.
- 4) 渡邊康玄，平野道夫，井出康郎：樹木群内の流速水深方向分布と浮遊砂濃度分布，北海道開発土木研究所月報，pp. 271-276, 1994.
- 5) 油川曜佑，渡邊康玄，鈴木優一：実際の樹木を用いた樹木の抵抗に関する水理実験，北海道開発局第47回技術研究発表会論文，2004.

(2005. 9. 30受付)