

# 大野川と乙津川の河道内樹木群が有する 治水機能の検討

## EXAMINATION OF FLOOD CONTROL FUNCTIONS OF VEGETATION IN THE OONO AND OTOTSU RIVER

重枝 未玲<sup>1</sup>・朝位 孝二<sup>2</sup>・坂本 洋<sup>3</sup>・西尾 崇<sup>4</sup>・秋山 壽一郎<sup>5</sup>・

重岡 広美<sup>6</sup>・樋口 直樹<sup>6</sup>・徳永 智宏<sup>3</sup>

Mirei SHIGE-EDA, Koji ASAI, Hiroshi SAKAMOTO, Takashi NISHIO, Juichiro AKIYAMA,  
Hiromi SHIGEOKA, Naoki HIGUCHI and Tomohiro TOKUNAGA

<sup>1</sup>正会員 博士 (工) 九州工業大学助教授 工学部建設社会工学科 (〒 804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

<sup>2</sup>正会員 博士 (工) 山口大学助教授 工学部社会建設工学科 (〒 755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

<sup>3</sup>正会員 株式会社 建設技術研究所 九州支社河川部 (〒 810-0041 福岡市中央区大名 2-4-12 CTI 福岡ビル)

<sup>4</sup>正会員 国土交通省九州地方整備局大分河川国道事務所所長 (〒 870-0820 大分市西大道 1-1-71)

<sup>5</sup>フェロー会員 Ph.D. 九州工業大学教授 工学部建設社会工学科 (〒 804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

<sup>6</sup>学生会員 九州工業大学大学院 工学研究科建設社会工学専攻 (同上)

Two-dimensional numerical simulations of flood flow in the Oono and the Ototsu River with and without vegetations were performed to examine flood control function of vegetation. A two-dimensional numerical model, based on finite-volume method with unstructured grid system and flux-difference splitting was used for the simulations. From the numerical results, useful information to manage the vegetation, such as specification vegetation which has possibility of causing a high-speed velocity along the embankment, a big influence on the water level rise, the protection function of the embankment and the riverside, was obtained. It shows that the two-dimensional numerical simulations are useful tool to examine the management of the vegetation in the Oono and Ototsu River.

**Key Words :** *flood flow, the Oono River, the Ototsu River, vegetations, flood control function, 2D numerical simulation*

### 1. はじめに

近年、自然景観や生態系の多様な生物への生息空間の創造など河川が持つ環境機能の重要性が高まっている。河道内樹木群は、上記のような環境機能を有することから保全される傾向にある。一方で、河道の流下能力を低減させ治水面上問題を引き起こす場合がある。

河道内樹木群の管理は、その治水機能と環境の両方を考慮に入れながら保全していく必要がある。河道内樹木群の管理については、「河川における樹木管理の手引き」<sup>1)</sup>に取りまとめられており、樹木群の伐採範囲は洪水流下を阻害する樹木群を想定し、準2次元解析<sup>2)</sup>により洪水時の水位と計画高水位との関係などを踏まえた上で決定することが望ましいとされている。また、最近では河道内樹木の生長特性を考慮した管理方法も提案がなされている<sup>3)</sup>。しかしながら、河道内樹木群が有

する治水機能を判断する技術は未だ不十分であり、そのため効果的な管理手法は存在しないのが実状である。

著者らは、平面2次元解析モデルを用い、河道内樹木群が大野川と乙津川の洪水流に及ぼす影響および大野川から乙津川への分派流量に及ぼす影響などについて検討してきた。その結果、平面2次元解析モデルにより洪水時の河道内水位のみならず分派流量までの再現可能であることを示した<sup>4),5)</sup>。このような平面2次元解析結果に基づけば、河道内樹木群が洪水流に及ぼす影響を的確に把握することができ、樹木群が持つ治水機能を明確にできると考えられる。

本研究は、以上のような背景を踏まえ、大野川と乙津川の治水と環境保全とが調和した樹木群管理基準を明確にすることを目的としている。ここでは、大野川と乙津川を対象に、平面2次元解析に基づき、両河川の河道内樹木群が洪水流に及ぼす影響を検討すると

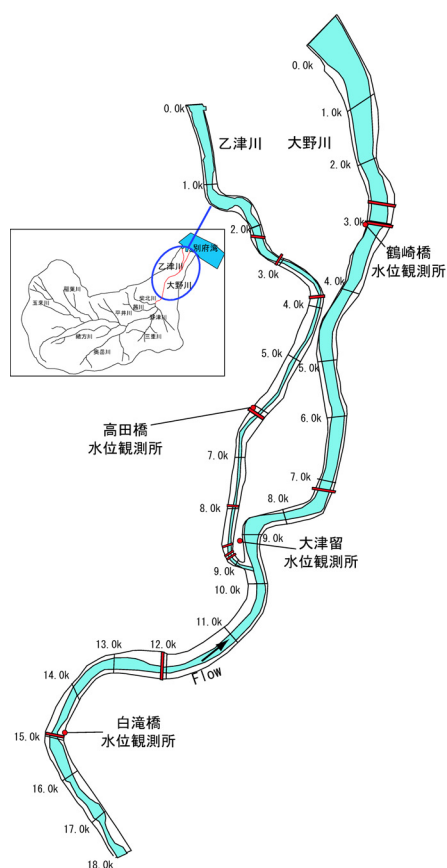


図-1 大野川と乙津川の概要

もに、樹木群が有する治水機能について検討した。

## 2. 大野川と乙津川の概要

本研究の対象河川は、大分県の中央部を貫流する一級河川の大野川とその派川の乙津川である(図-1)。対象区間は、大野川の計画基準点の白滝橋(距離標 15km 付近)から両河川の距離標 0.0km までの区間であり、大野川の距離標 9.5km 付近で分流堰により乙津川への分流が行われる。延長は大野川については約 15km、乙津川については約 9km である。この区間の河道特性による河道区分は、大野川の距離標 0～7.4km 区間ではセグメント 2-2、距離標 7.4～15km 区間ではセグメント 2-1、乙津川についてはセグメント 2-2 に対応する。計画高水流量の配分は、計画基準点の白滝橋で 9,500m<sup>3</sup>/s、乙津川で 1,500m<sup>3</sup>/s である。

大野川・乙津川の直轄管理区間の堤防整備率は 96 % であるが、河積が不足している区間が存在する。平成 5 年 9 月の出水(流量(白滝橋): 9,422m<sup>3</sup>/s)では、大野川・乙津川のいずれも計画高水位を超過したこと、平成 17 年 9 月の出水(流量(白滝橋): 8,318m<sup>3</sup>/s)では、乙津川の高田橋水位観測所(図-1)で計画高水位を 0.32m 超えた<sup>6)</sup>こと、などが報告されている。このため、大野川の距離標 6～8km や乙津川の距離標 2.5～5.2km の区間では流下能力の確保を目的とした高水敷掘削や樹木伐

採などの治水事業が計画されている。

平成 16 年の大野川・乙津川の樹木群の繁茂分布を図-2 に示す。樹木は、胸高直径の比較的大きなもの、繁茂状況が密で繁茂面積が大きなものを抽出し、平成 16 年の河川水辺の国勢調査大野川植生調査報告書<sup>7)</sup>から求めた。図-2 から、大野川では距離標 6～8km の左岸では蛇行部の内岸側の高水敷に、12～15km 区間の左岸では高水敷外岸側に、距離標 9～11km の右岸では湾曲部内岸から外岸にかけて、12～13km 区間の右岸では湾曲部外岸で繁茂していること、多くの樹木群が低水路と高水敷の境界に沿って繁茂していること、などがわかる。大野川と乙津川の繁茂面積と距離標との関係の経時変化(平成 11～16 年)については参考文献<sup>4),5)</sup>に示しているので参照されたい。

## 3. 数値解析の概要

従来の解析では、本川から派川への分流量を仮定し分流点での水位が一致するまで繰り返し計算を行う手法が用いられていたが、ここでは本川の大野川と派川の乙津川を一体として取り扱う平面 2 次元解析を行った。平面 2 次元解析には著者等が開発した SA-FUF-2DF モデル<sup>8)</sup>を用いた。同モデルの予測精度については、痕跡水位に基づき検証されており、大野川と乙津川の痕跡水位のみならず大野川から乙津川への分流量までも十分な精度予測できることが示されている<sup>4),5)</sup>。

樹木群が洪水流に及ぼす影響を調べる目的で、平成 16 年の樹木繁茂状況を反映させた Run1 と樹木群を全て伐採した Run2 の 2 通りの解析を行った。

計算に用いた河道縦横断面と低水路および高水敷の粗度係数については、それぞれ平成 13 年の測量データと「大野川河道技術資料」<sup>9)</sup>で用いられた値を使用した。また、乙津川分流堰には、コンクリートの平均的な粗度係数 0.015<sup>10)</sup>を与えた。樹木群の繁茂位置については図-2 に基づき作成した。

SA-FUF-2DF モデルでは樹木群は  $x$  方向、 $y$  方向の運動方程式にそれぞれ  $F_x = C_d \cdot a/2 \cdot uh(u^2 + v^2)^{0.5}$ ,  $F_y = C_d \cdot a/2 \cdot vh(u^2 + v^2)^{0.5}$  で表される空間平均された流体力項を付加することで取り扱われる<sup>8)</sup>。ここに、 $a$ =樹木群密度パラメーター(= $d \cdot N$ )、 $d$ =樹木の投影幅、 $N$ =樹木密生度(本/m<sup>2</sup>)および  $C_d$ =抵抗係数であり、各パラメーターは、樹木繁茂状況に応じて設定される。樹木群密度パラメーター  $a$  については、現地で行ったコドラード調査結果<sup>11)</sup>を基に設定した。なお、調査区間以外の樹木群については平均値を用いた。抵抗係数  $C_d$  については、植生繁茂状況でその値は変化すると考えられるが、ここでは円柱の抵抗係数  $C_d=1.2$ <sup>2)</sup>を用いた。なお、樹木群は非水没状態として取り扱った。

境界条件として、大野川の上流端には計画高水流量 9,500m<sup>3</sup>/s を、大野・乙津川の下流端には計画と同様

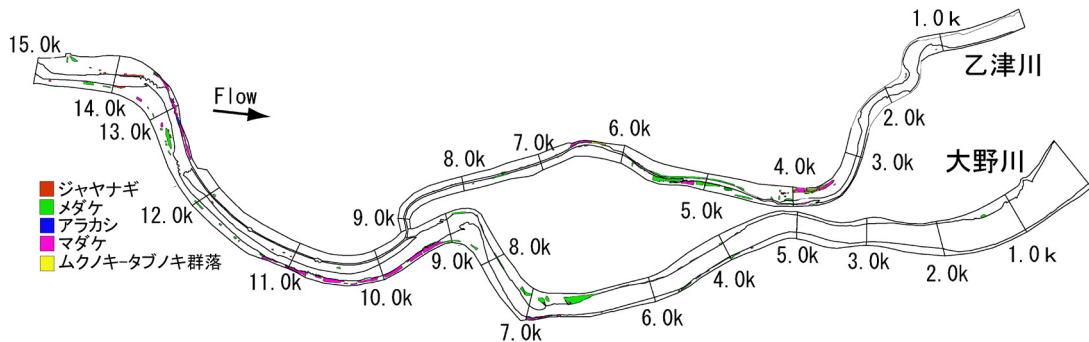


図-2 樹木群繁茂分布図

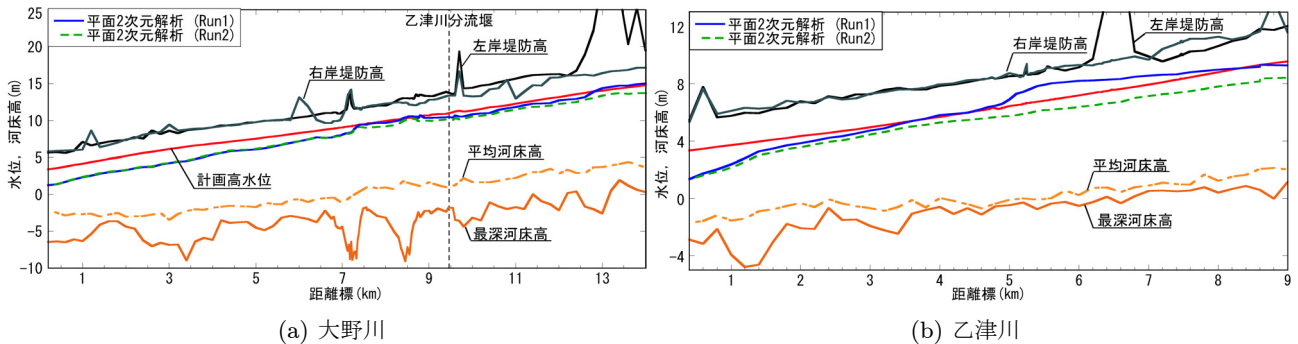


図-3 水位の解析結果

に淡水と海水の密度差による水位上昇を考慮した朔望平均満潮位と河口水深×2.5%の和 T.P1.194m(大野川)と 1.158m(乙津川)を与えた。

#### 4. 結果と考察

計画高水流量時の樹木群を考慮した洪水流の解析結果(Run1)と樹木群を全て伐採した場合の解析結果(Run2)に基づき樹木群が流れに及ぼす影響について把握し、これに基づき河道内樹木群の有する治水機能を検討した。

図-3は、平面2次元解析の河道中心軸上の水位の解析結果を示したものである。大野川については、樹木群の伐採により、距離標 8.5km 付近で計画高水位を若干上回る程度で、ほとんどの区間では計画高水位を下回ることがわかる。乙津川については、樹木群の伐採により、いずれの区間についても計画高水位を下回ることがわかる。分流堰付近の大野川の水位に着目すると、樹木伐採により 8.5km より上流の水位が低下していることがわかる。この水位低下は、分流堰での越流水深を小さくすることから、大野川から乙津川への分流量は減少すると考えられる。

図-4は、Run1で計画高水位を超える区間と Run1と2との水位差を示したものである。水位差については値が大きいほど、樹木群により水位が上昇していることを表している。これより、計画高水位を超える箇所は、樹木群により水位が上昇する箇所と一致しており、樹木群がこの水位上昇を引きこしていることが確認できる。また、顕著な水位上昇が生じている大野川の距離

標 13km および乙津川の距離標 5km 付近の河道平面形状の特性量である蛇行度(=低水路蛇行長/低水路蛇行波長) $S$ と相対水深(=高水敷の水深/低水路の水深) $D_r$ との関係を調べると、大野川については  $S \approx 1.1$ ,  $D_r \approx 0.55$ , 乙津川では  $S \approx 1.02$ ,  $D_r \approx 0.7$ であった。なお、水深を求めるにあたっては計画高水位を用いた。これらの  $S$ ,  $D_r$ を複断面河道での流れの分類<sup>12)</sup>に適用すると、大野川では  $D_r \geq 0.52$ , 乙津川では  $D_r \geq 0.38$ であり、いずれの区間についても低水路線形が流れに影響を及ぼさない複断面蛇行流れとなる。このことから、このような流れが生じる区間に樹木群が繁茂する場合には大きな水位上昇が生じる可能性があると考えられる。従って、このような区間に繁茂する樹木群は管理上注意を要すると考えられる。

図-5は大野川上流から乙津川への分流量を示したものである。なお、分流量は分流堰天端上の流量を堰幅方向に積分することで求めた。図中には、式(1)から求まる計画高水流量比<sup>9)</sup>と痕跡水位に基づく流量もあわせて示している。

$$Q = 188.2(H - 6.85)^{1.5} \quad (1)$$

大野川の計画高水流量は、先述したように  $9,500 \text{ m}^3/\text{s}$ で、分流堰により乙津川へ  $1,500 \text{ m}^3/\text{s}$  配分される。Run1の解析結果より求めた分流量は  $1,391 \text{ m}^3/\text{s}$ で、計画高水流量との差は7%程度となり、過剰もしくは過小な分流はされていないことがわかる。また、既往の洪水流量と計画高水流量の解析結果は、計画高水流量比を示す線と概ね平行であり、計画高水流量比の関

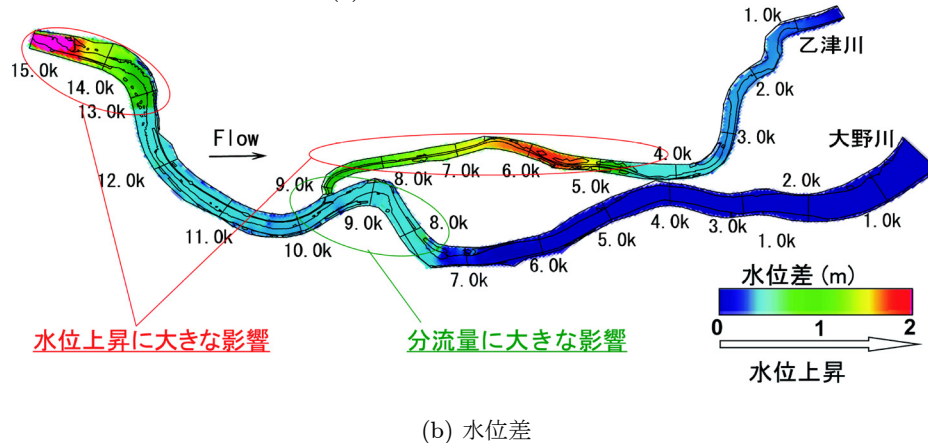
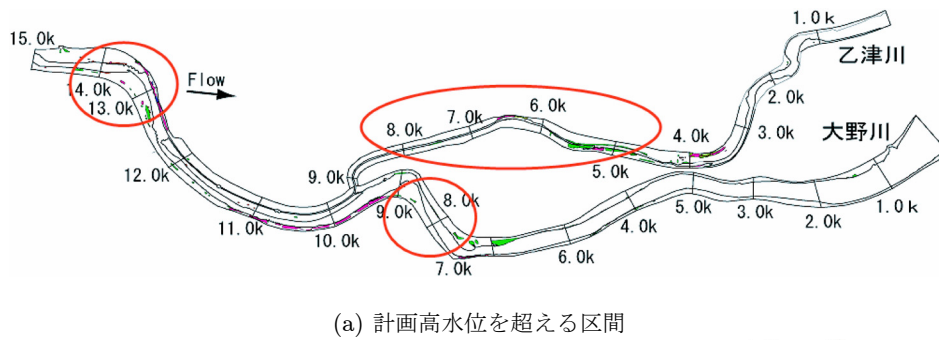


図-4 計画高水位を超える箇所と Run1 と 2 の水位差

係は保たれていることがわかる。このように、現樹木繁茂状況では乙津川への分流は適切に行われていることが確認できる。

Run2 の解析結果より求めた分流量は  $1,219 \text{ m}^3/\text{s}$  となった。また、大野川の樹木伐採による分流堰の越流水深の低下は、図-3 から  $0.3\text{m}$  程度であった。この水位変化が、乙津川の流量を計画高水流量の  $20\%$  程度減少させ、大野川では計画高水流量の  $3\%$  程度増加させるが、図-3 で示したように、大野川では分流点より下流では、樹木伐採による流下能力の向上により計画高水位を超えるような水位上昇が生じることはなく、また、分流量が低下する乙津川では樹木がさほど繁茂しない箇所 (距離標  $0\sim 3\text{km}$ ) においても水位低下が生じる。このように、図-2 に示す分流堰付近の大野川距離標  $8\text{km}\sim 10\text{km}$  の樹木群は、乙津川への分流量に大きな影響を及ぼしていることが確認でき、この区間での樹木管理は分流量に配慮しつつ行う必要があると考えられる。

図-6 は、流速の絶対値のコンター図を表したものである。高水敷の高速流は、高水護岸有りの場合  $3.0\text{m/s}$  以上、無しの場合  $2.0\text{m/s}$  以上で堤脚の洗掘が発生させる場合があることから注意を要する。Run1 については、乙津川では距離標  $3.0\text{km}\sim 4.0\text{km}$  付近で右岸側、 $5.0\sim 6.0\text{km}$  付近の両岸で、大野川では距離標  $3.0\text{km}\sim 4.0\text{km}$  付近の左岸、右岸側  $7.0\text{km}$  付近の右岸、 $8.0\sim 9.0\text{km}$  の左岸、 $9.0\sim 10.0\text{km}$  の右岸、 $13.0\text{km}$  付近の右岸、 $14\text{km}$  付近の左岸で  $2.0\text{m/s}$  以上の流速が生じている。大野川

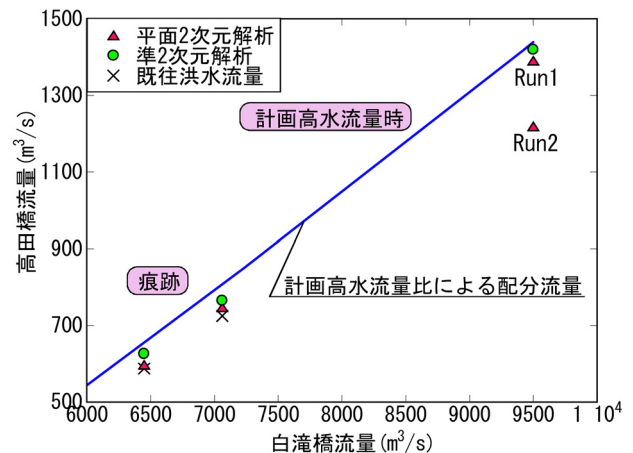


図-5 分流量の解析結果

の  $8.0\sim 9.0\text{km}$  の左岸では、平成 17 年の台風 14 号による出水でも高水敷が洗掘されており、この結果の妥当性が窺える。一方、Run2 については乙津川では距離標  $6.0\sim 7.0\text{km}$  の両岸で、大野川では距離標  $9.0\sim 10.0\text{km}$  の右岸、 $8\text{km}$  の左岸などで  $2.0\text{m/s}$  以上の流速が生じている。

図-7 は、Run1 と Run2 で流速が  $2\text{m/s}$  を超える区間と Run1 と 2 との流速差を示したものである。流速差は、樹木群により流速が増大する場合には正、減速する場合には負となる。これより、流速が  $2.0\text{m/s}$  以上となる区間が、樹木伐採により流速が変化する区間と概ね対応することがわかる。また、乙津川では距離標  $5\text{km}$

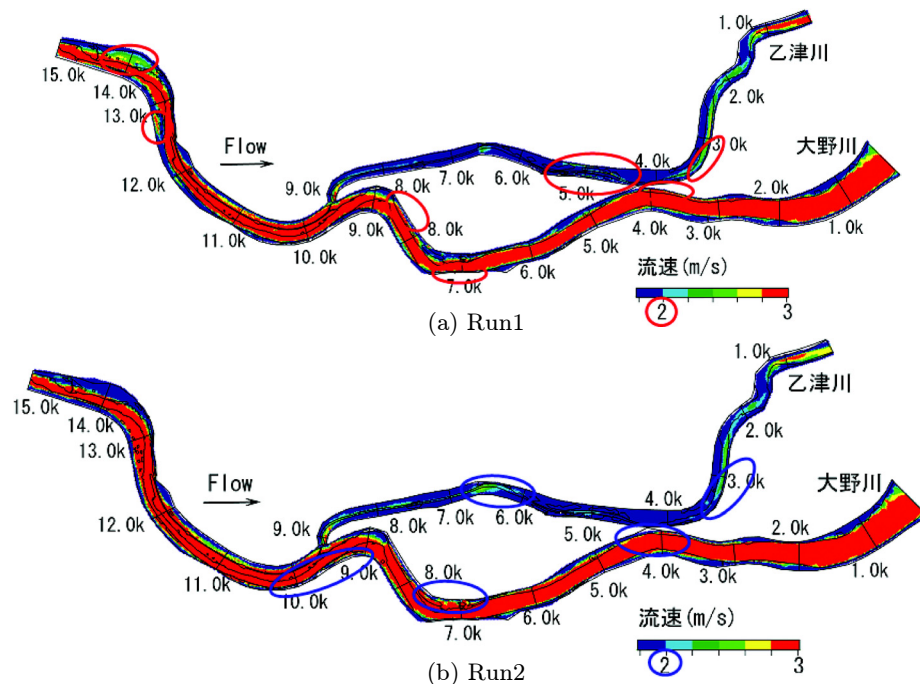
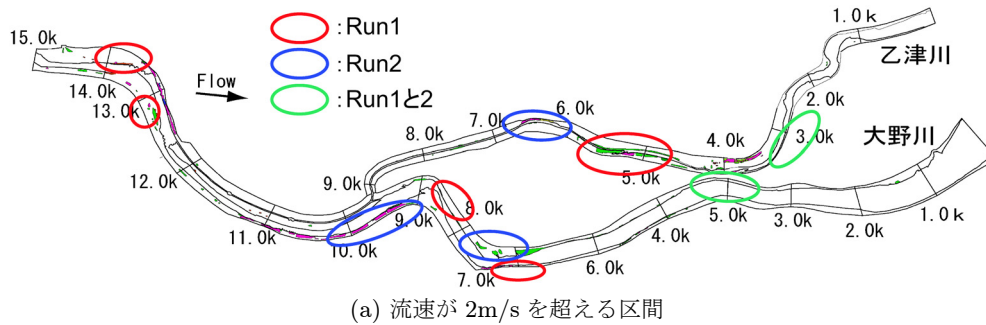
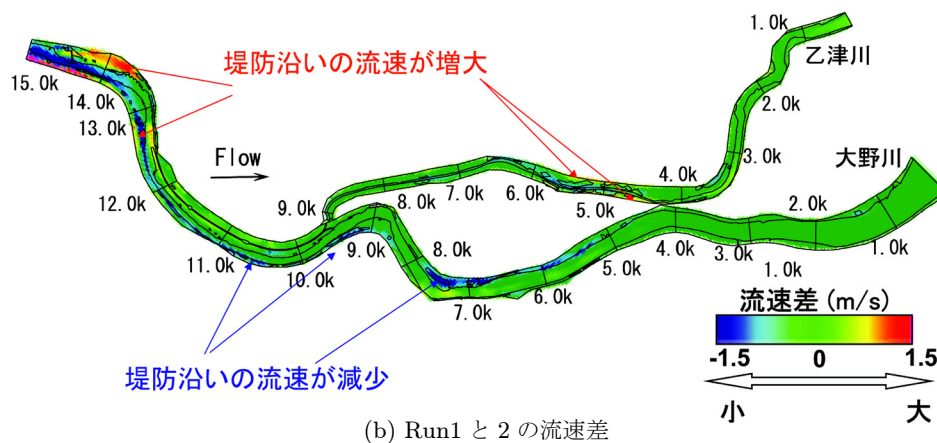


図-6 流速の絶対値のコンター図



(a) 流速が 2m/s を超える区間



(b) Run1 と 2 の流速差

図-7 流速が 2m/s を超える区間と Run1 と 2 の流速差

付近の左岸で流速が増大すること、大野川では距離標 14km 付近の左岸側、13.0km の両岸および距離標 7km 付近の右岸で流速が増大すること、距離標 9.0～11.0km の右岸や距離標 7.0km 付近の左岸側では流速が減少していること、などが確認できる。水位と同様に、各距離標での蛇行度  $S$  と相対水深  $D_r$  との関係を調べると、大野川の距離標 7, 9～11, 15km については低水路線形の影響を受け内岸側または水路中央に最大流速が生

じる複断面蛇行流れに、距離標 13km では低水路線形の影響を受けなくなる複断面蛇行流れとなる。したがって、距離標 7km の内岸部にある樹木群は、内岸で発生する最大流速を減速させる役割果たしていると考えられる。また、距離標 9～11km の右岸側の樹木群は、抵抗として高水敷の流れを河道中央へ向かわせる水制的な役割を果たしていると考えられる。このように、この区間の樹木群については、河岸を保護する機能を有

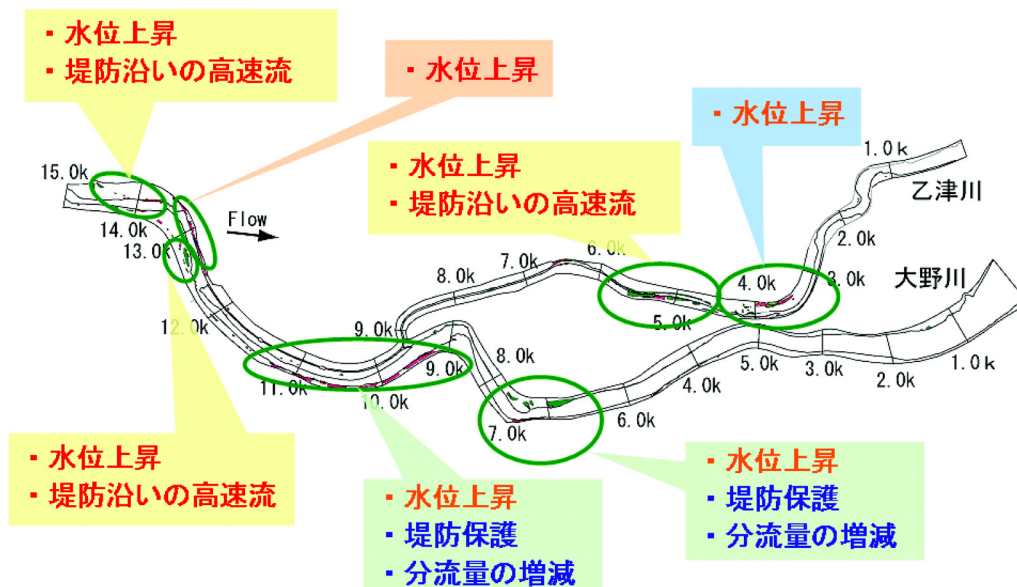


図-8 樹木群の治水機能

していると考えられる。また 7km の右岸, 13, 14km の左岸では, 樹木群が流れの抵抗となることで流向が変化し, そのため堤防付近の流れが加速される。したがって, この区間の樹木群については堤防沿いの高速流を引き起こす可能性があるため, 樹木管理上注意が必要となる。

以上をまとめると大野川, 乙津川の樹木群には, 水位上昇に大きな影響を及ぼす樹木群, 堤防や河岸の保護機能を有する樹木群, 堤防沿いの高速流を引き起こす可能性のある樹木群があり, これをまとめると図-8 のようになる。このように, 平面 2 次元解析結果に基づけば, 各樹木群の機能を明確にすることができ, 樹木伐採等の樹木管理を行う上で有用な情報を得ることができる。

## 5. おわりに

本研究は大野川の治水と環境保全とが調和した樹木管理基準を明確にすることを目的に, 大野川と乙津川を対象に, 平面 2 次元解析に基づき, 両河川の河道内樹木群が洪水流に及ぼす影響を検討するとともに, 樹木群が有する治水機能について検討した。その結果, 水位上昇に大きな影響を及ぼす樹木群, 堤防や河岸の保護機能を有する樹木群, 堤防沿いの高速流を引き起こす可能性のある樹木群の特定など, 図-8 に示すような樹木管理を行う上で有用な情報を得ることができた。今後は, 治水上樹木繁茂状況などを考慮した樹木管理マップを作成するなどの大野川・乙津川の適切な樹木管理を行うための情報を整備していく予定である。

**謝辞:** 本研究は, 河川懇談会の活動の一環として, 国土交通省大分河川国道事務所と共同で研究を行ったも

のである。本研究を実施するに当たり, 大分河川国道事務所の関係各位には現地調査の実施やデータの提供など多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 財団法人リバーフロント整備センター (編): 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, 1999.
- 2) 福岡捷二, 藤田光一: 洪水流に及ぼす河道内樹木群の物理的影響, 土木研究所報告, 第 180 号-3, pp. 129-190, 1990.
- 3) 桑原正人, 藤堂正樹, 小笠原豊, 石尾年光, 石井克尚, 犬丸潤, 中村敬司: 加古川の河道内樹木の生長特性を考慮した管理方法, 河川技術論文集, 第 12 巻, pp. 461-464, 2006.
- 4) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 長太茂樹, 秋山壽一郎, 樋口直樹, 重岡広美, 徳永智宏: 樹木群を考慮した平面 2 次元数値モデルによる乙津川の洪水流解析, 水工学論文集, 第 50 巻, pp. 1171-1176, 2006.
- 5) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 長太茂樹, 秋山壽一郎, 樋口直樹, 重岡広美, 徳永智宏: 大野川とその派川の乙津川を包括した平面 2 次元洪水流解析と河道内樹木が乙津川の分流量に及ぼす影響, 河川技術論文集, 第 12 巻, pp. 85-90, 2006.
- 6) 国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所: 台風 14 号 大分川・大野川の出水状況平成 17 年 9 月 4 日~6 日, 2005.
- 7) 国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所: 大野川水系大野川植生調査報告書, 2004.
- 8) 重枝未玲, 秋山壽一郎: 数値シミュレーションに基づく堤防に沿った樹林帯の治水機能の検討, 土木学会論文集, No. 740/II-64, pp. 19-30, 2003.
- 9) 国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所: 大野川河道技術資料 平成 14 年 3 月, 2002.
- 10) Chow, V. T.: *Open-channel hydraulics*, MacGraw-Hill College, 1959.
- 11) 国土交通省 九州地方整備局大分河川国道事務所・九建設計株式会社: 乙津川定期縦断測量 (植物調査) 報告書, 2005.
- 12) 福岡捷二 (編): 洪水の水理と河道の設計法 治水と環境の調和した川づくり, 森北出版株式会社, 2005.

(2006. 9. 30 受付)