

河道内樹木群の管理方法に関する研究

1. はじめに

近年、治水と環境が調和した川づくりが求められている。中でも河道内樹木の管理については洪水流下を阻害する樹木を想定し、数値解析を行った上で伐採などを行うことが望ましいとされている。そのためには、河道内樹木が洪水流に及ぼす影響を評価できるツールが不可欠である。

現在、河道計画の多くは準2次元解析に基づき行われている。準2次元解析では、樹木群を死水域として取扱い、境界混合係数 f 値の設定は痕跡水位に基づく修正が必要となる。そのため、痕跡水位などが存在しない樹木伐採後の f 値の推定方法は確立されていないのが現状である。

一方、平面2次元解析や準3次元解析モデルでは、樹木の繁茂状況によって設定された抵抗係数や透過係数が用いられ、樹木繁茂状況が洪水流に及ぼす影響を把握することが可能である。

したがって、平面2次元解析の結果に基づき樹木繁茂状況と f 値を対応付けることで、準2次元解析の枠組みで樹木繁茂状況の検討や樹木伐採位置や量などの河道内樹木の管理をより合理的に検討することが可能であると考えられる。

以上のような背景を踏まえ、本研究では大野川と乙津川の樹木管理基準を明確にすることを目的とし、大野川を対象に、樹木繁茂状況と樹木境界混合係数 f 値とを対応付けるとともに、樹木伐採が境界混合係数 f 値に及ぼす影響について検討する。

次に、これらの結果を踏まえ、樹木繁茂状況が考慮でき樹木伐採後の水位予測が可能となるように、準2次元解析を拡張する。

最後に、大野川・乙津川の樹木群が有する治水機能を踏まえつつ、拡張準2次元解析に基づき樹木管理を行う上でひとつの基準となる樹木管理マップの作成を行う。

2. 研究対象河川の概要

本研究の対象である河川は、大分県中央部を貫流する一級河川である大野川と、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。大野川の計画高水流量は $9500\text{m}^3/\text{s}$ であり、大野川 9.6km 付近の分流堰より乙津川に $1500\text{m}^3/\text{s}$ 分配される。



写真-1 白滝橋



写真-2 分流堰

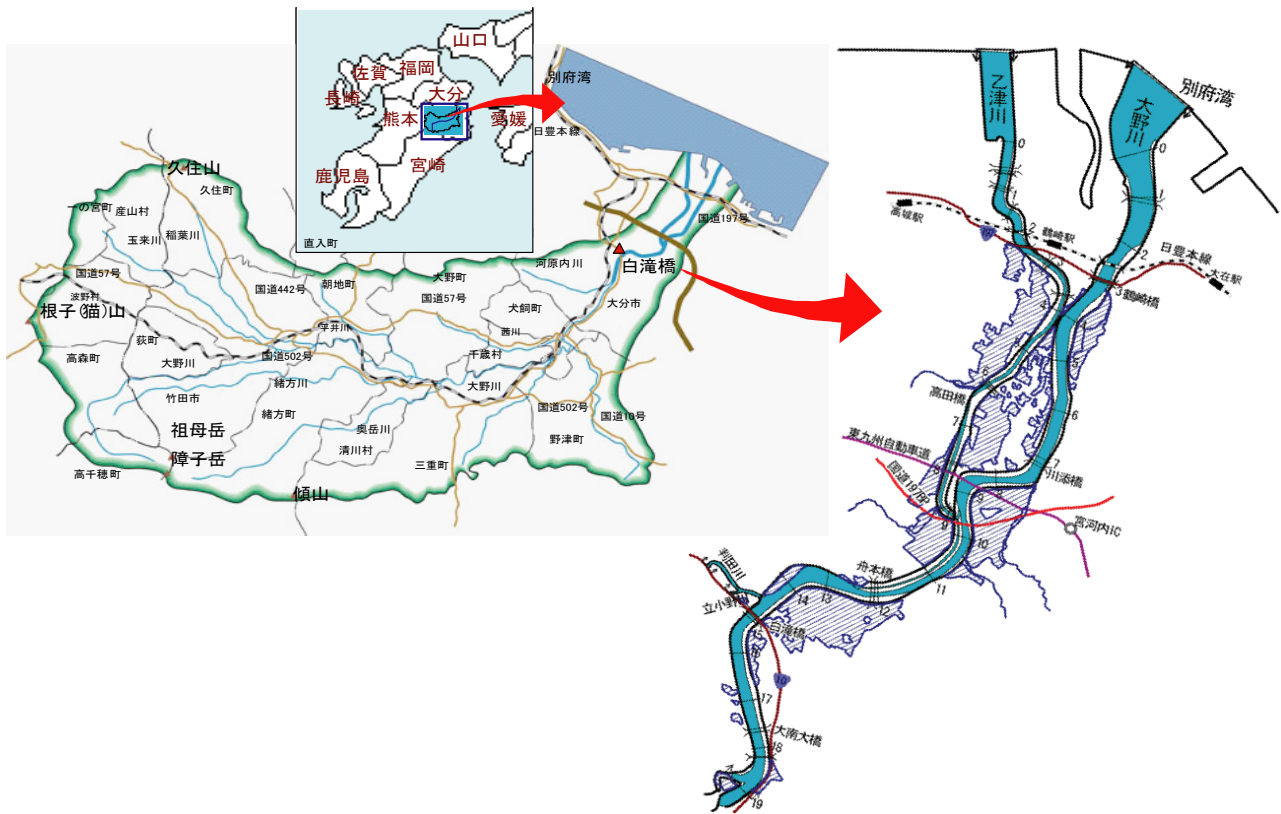


図-1 大野川と乙津川

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から求めた。

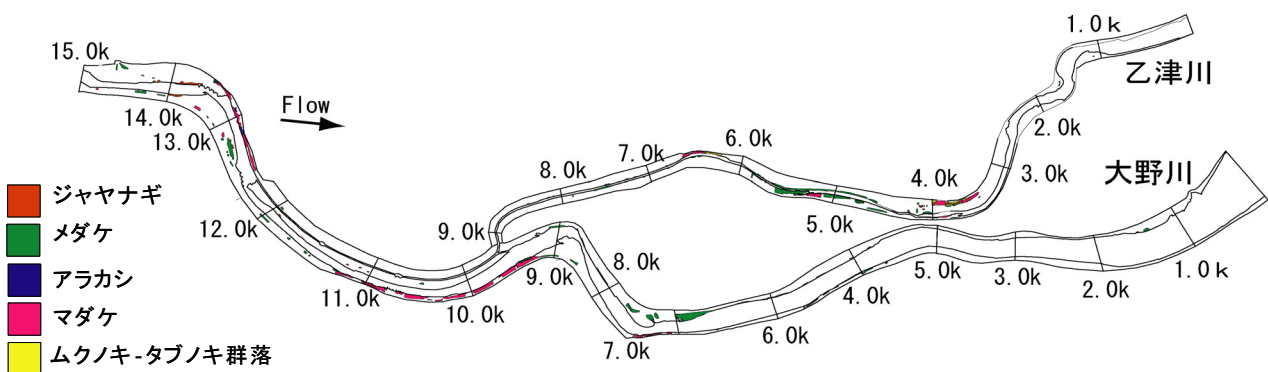


図-2 樹木繁茂分布図

3. 解析の概要

(1) 準 2 次元解析における樹木群の取り扱い

準2次元解析で河道内樹木は、死水域と、流れと樹木の境界に働くせん断応力として取り扱われる。せん断力の式はこの $\tau = \rho \cdot f \cdot (\Delta u)^2$ で表され、式中の f は境界混合係数を表しており、 Δu は樹木群内外の流速差を表している。境界混合係数は樹木の位置により図-3のような推奨値がある。また、実験式として式(1)にも表わされる。

$$(Ks\sqrt{h})/(u_m\sqrt{b}) \leq 0.4 \text{ の場合, } f = 0.072(Ks\sqrt{h})/(u_m\sqrt{b}) \quad \text{式(1)}$$

$$(Ks\sqrt{h})/(u_m\sqrt{b}) > 0.4 \text{ の場合, } f = 0.017 + 0.029(Ks\sqrt{h})/(u_m\sqrt{b})$$

一般に樹木群内の流速は0とされる。しかし、実際には繁茂状況によっては樹木内にも流れが生じているために痕跡水位に基づく f 値の修正が必要になる。

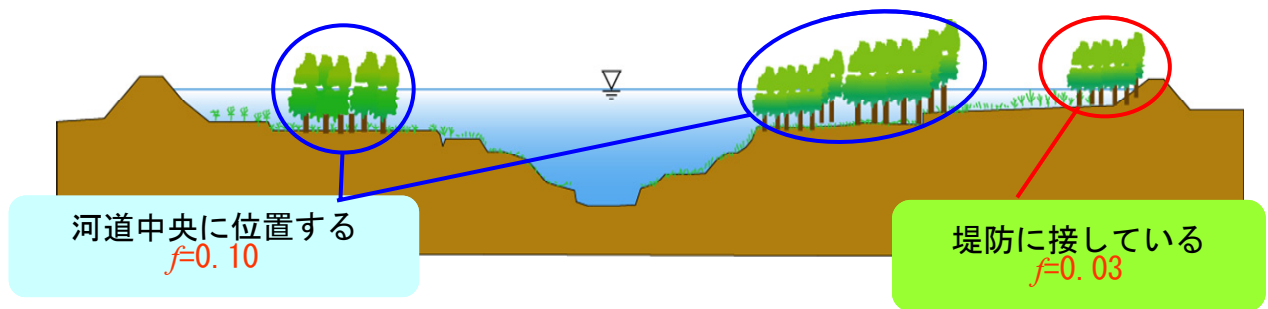


図-3 境界混合係数の推奨値

(2) 平面2次元解析における樹木群の取り扱い

平面2次元解析には、本研究室で開発したSA-FUF-2DFモデルを用いる。本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 $F_x = C_d a/2 \cdot uh(u^2 + v^2)^{0.5}$, $F_y = C_d a/2 \cdot vh(u^2 + v^2)^{0.5}$ 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。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/m²)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。

4. 結果と考察

(1) 平面2次元モデルの予測精度の検証

図-4は、平成17年9月の痕跡水位と平面2次元解析結果との比較を行ったものである。これより、本モデルが痕跡水位・分流量ともに十分な精度で再現できていることが確認できる。

また、平成9年、平成11年の出水に関しても同程度の精度の結果が得られたことから、平面2次元解析モデルは痕跡水位を十分な精度で再現できることが確認できた。

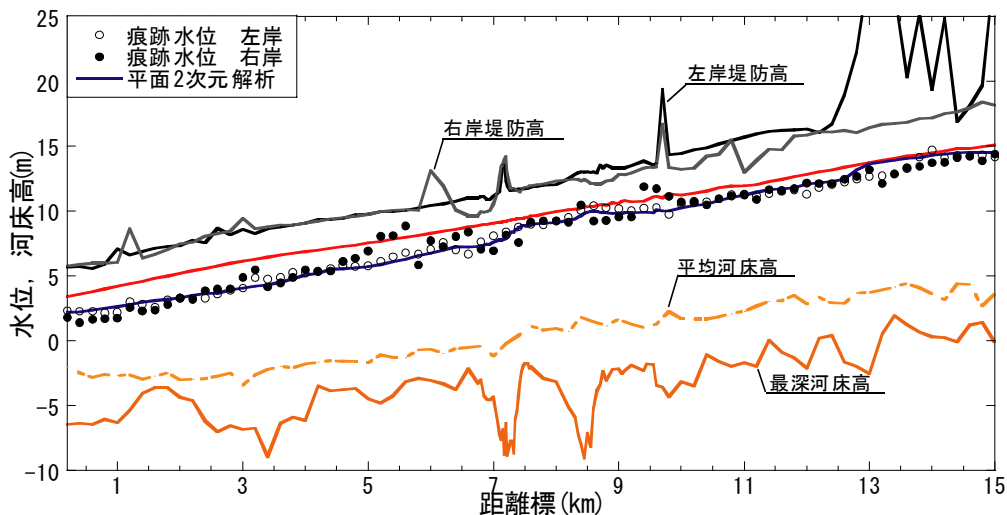


図-4 平成17年9月の痕跡水位との比較

(2) 樹木伐採前の境界混合係数 f 値の検討

単位面積に占める樹木面積の割合を変化させた平面2次元解析と f 値を変化させた準2次元解析を行う。そして、両解析結果が最も一致するような樹木面積の割合と f 値の関係を調べた。

図-5は、樹木面積の割合と f 値との関係を示したものである。これより大野川と乙津川の平均的な樹木繁茂状況に応じた f 値はそれぞれ0.11と0.08であることがわかる。また、他河川についてみると、大野・乙津川を対象に求められた曲線付近にデータがちらばることがわかる。これは、 f 値が樹木の繁茂位置や形状など河道の特性に応じて変化するためだと考えられる。したがって、ここで得られた関係は大野川と乙津川に限定されるものだと考えられる。そこで、先ほどの実験式と f 値との適合性(図-6)を調べてみると、いずれの河川についても実験式の関係に概ね従っていることが分かる。よって、実験式は第1近似として十分であることが確認できた。

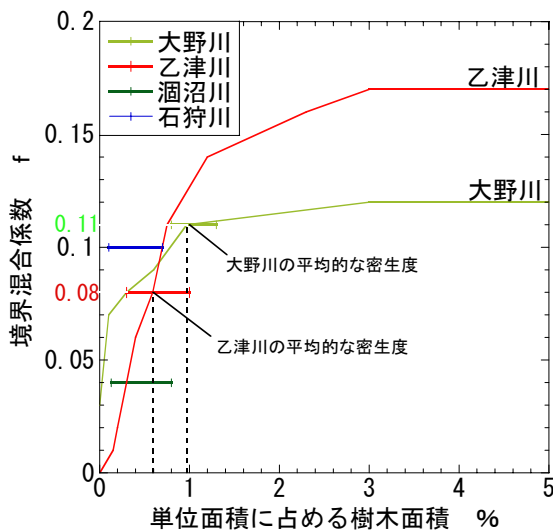


図-5 境界混合係数と単位面積に占める樹木面積との関係

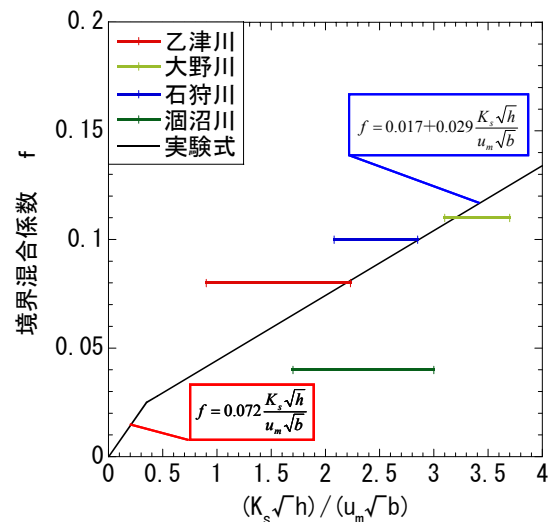


図-6 境界混合係数と無次元パラメータとの関係

図-7は、平成17年の痕跡水位と平均的な f 値を用いた準2次元解析との比較を行ったものである。両者は概ね一致していることから、準2次元解析は痕跡水位を十分に再現できていることが確認できる。

また、平成9年、平成11年の出水に対しても同制度の結果が得られたことから、大野・乙津川の平均的な f 値はそれぞれ0.11と0.08であることの妥当性が確認できる。

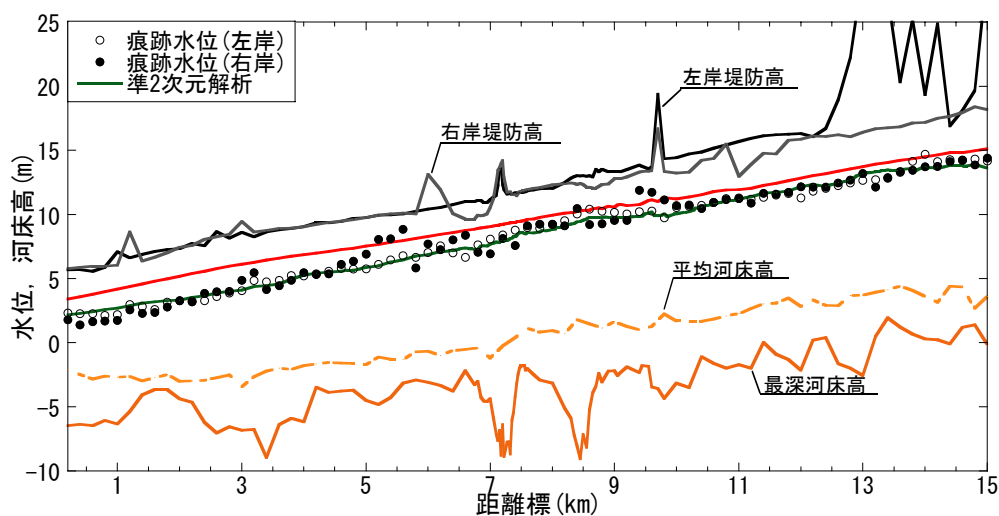


図-7 平成17年の大野川の出水時の痕跡水位と準2次元解析との比較

(3) 樹木伐採後の境界混合係数 f 値の推定

つぎに、樹木伐採が f 値に及ぼす影響について検討を行う。伐採方法は区域伐採とし、大野川は樹木を幅方

向に1/4, 1/2, 7/8倍に伐採し, 解析を行う. 乙津川については1/4, 1/2, 3/4倍の樹木の幅方向の伐採に加え, 現在大分河川国道事務所が計画・施工を行っている「樹木および竹林伐採計画案(図-8)」に従って伐採した場合の解析を行った.

解析には先程と同様に, 平面2次元と準2次元解析を用い, 両者の結果がもっとも一致する伐採量と f 値の関係を求めた.

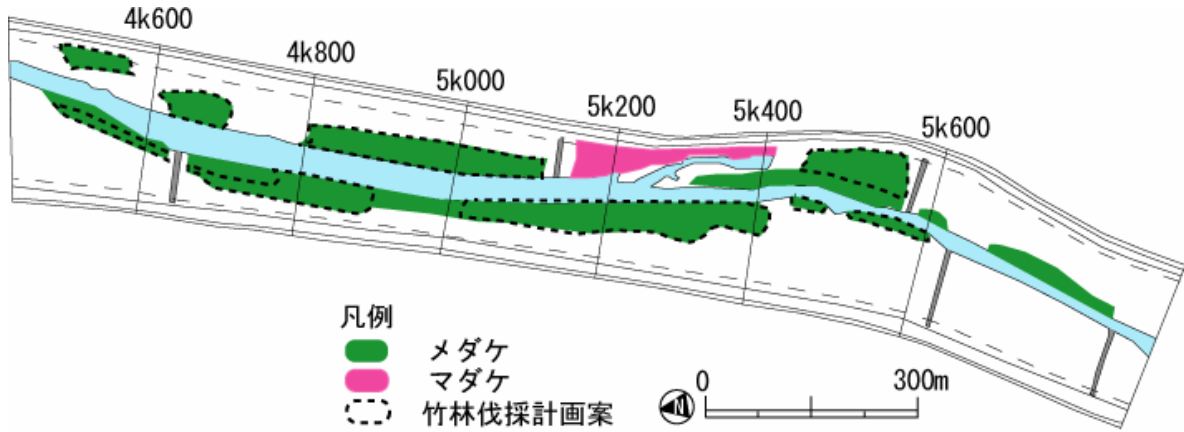


図-8 樹木および竹林伐採計画案

図-9は, 平面2次元解析と一致した場合の f 値と樹木伐採量の関係を表したものである. これより, いずれの区域伐採においても f 値に大きな変化はなく, 大野川・乙津川それぞれ0.11と0.08の一定値をとることが確認できる. これは, 大野川と乙津川の樹木の平均的な透過係数がそれぞれ6.8と6.5であり, この程度の透過係数であれば樹木群内の幅方向の流速変化は小さく, 樹木の幅が f 値に大きな影響を及ぼさないためと考えられる.

しかし, 乙津川では, 水位の低下率が13~18%であり, 樹木伐採に伴う水位低下は, 河積の増加が主な要因であり, f 値の変化によるものではないと考えられる.

以上のことから, 大野川・乙津川の平均的な境界混合係数はそれぞれ0.11と0.08であり, 樹木を区域伐採する場合には, それぞれの平均的な f 値を用いれば, 間伐する場合には図-5から得られる密生度に応じた f 値を用いることで, 樹木伐採後の水位を予測できると考えられる.

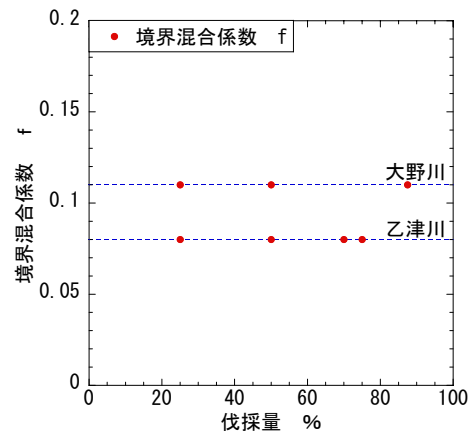


図-9 境界混合係数と樹木伐採量との関係

(4) 準2次元解析の拡張

図-10は平面2次元解析に基づき求めた, 大野・乙津川の樹木が有する治水機能を示したものである. また, この図には, 蛇行度 S と相対水深 Dr との関係から得られる領域区分も合わせて示している.

樹木による水位上昇が顕著な区間は蛇行度 S と相対水深 Dr との関係で, 領域IIIの直進性の強い複断面蛇行流れと一致していることがわかった. このように領域IIIの複断面蛇行流れが生じる区間に, 低水路沿いの樹木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ため注意を要する必要がある.

このように, 蛇行度 S と相対水深 Dr との関係から水位上昇が生じる区間を推定することができる.

したがって, この区間を伐採対象区間としまし, 拡張準2次元解析に基づき, 計画高水位を維持できる最

小限の樹木伐採量を検討した。

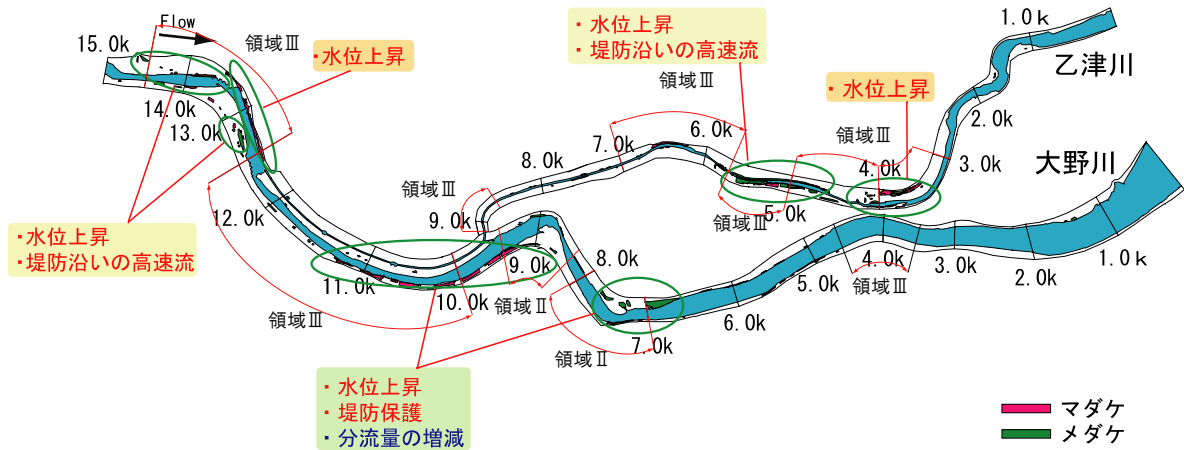


図-10 大野・乙津川の樹木が有する治水機能

計画高水位を維持できる最小限の樹木伐採量は、大野川では距離標 13.0～15.0km の低水路沿いに繁茂する樹木群全てを、乙津川では樹木および竹林伐採計画案に従った場合であることがわかった。以上を踏まえると、大野・乙津川の計画高水位を維持できる樹木繁茂状況は図-11 のようになる。

図中の赤あるいは緑の塗りつぶしが樹木繁茂範囲である。なお、特に注意を要する区間は拡大図と横断面図を合わせて示している。

このように樹木管理マップを作成することで顕著な水位上昇を引き起こす樹木群を推定し、重点的な管理が必要な区間が明確になり、合理的な樹木管理を行うことが可能となる。

しかしながら、これは樹木の生長特性を考慮していないため、このようなモニタリング手法を基に GIS により樹木情報を管理する必要があると考えられる。

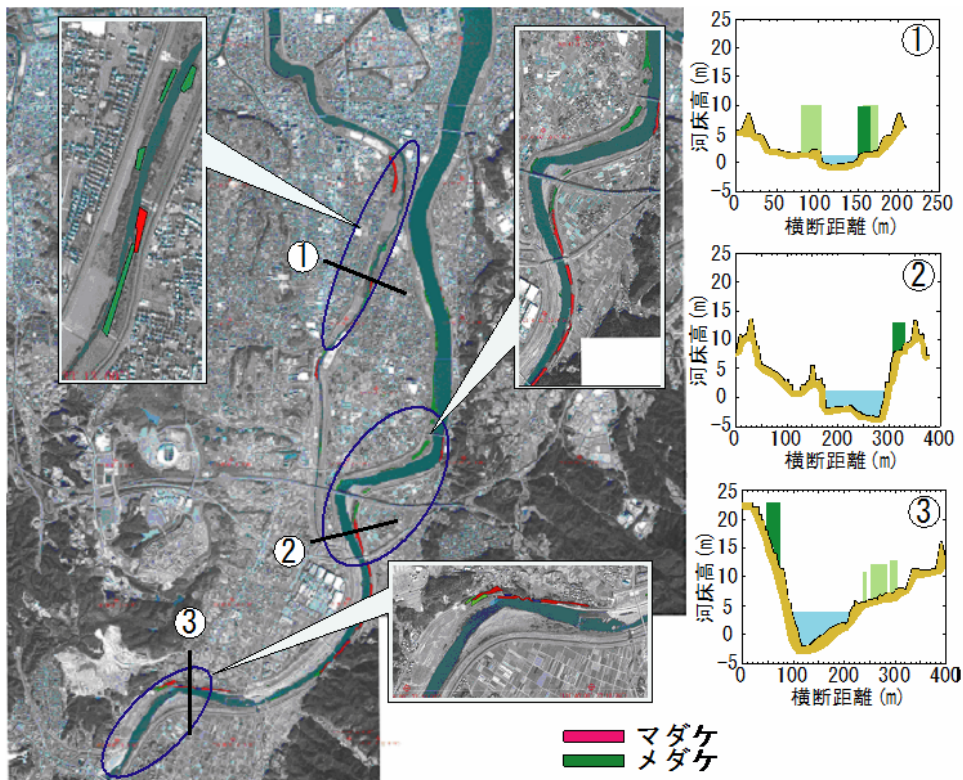


図-11 樹木管理マップ

5. おわりに

拡張準 2 次元解析に基づき、今後治水面からの樹木管理を行う上での一つの基準となる樹木管理マップの作成を行った。その結果、計画高水流量時に計画高水位を維持できる図-11 のような樹木管理マップを得ることができた。

論文リスト

- 1) 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への分流量に及ぼす影響, 河川技術論文集, 第 12 巻, pp. 85-90, 2006.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 西尾崇, 秋山壽一郎, 重岡広美, 樋口直樹, 徳永智宏 : 大野川と乙津川の河道内樹木が有する治水機能の検討, 水工学論文集, 第 51 巻, pp. 595-600, 2007.
- 5) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 西尾崇, 秋山壽一郎, 樋口直樹, 石原仁, 徳永智宏 : 数値シミュレーションに基づく乙津川の樹木伐採前後の境界混合係数値の検討, 水工学論文集, 第 51 巻, pp. 601-606, 2007.
- 6) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 西尾崇, 秋山壽一郎, 石原仁, 樋口直樹, 徳永智宏 : 低水路沿いの樹木が複断面蛇行水路の洪水流の挙動に及ぼす影響, 水工学論文集, 第 51 巻, pp. 643-648, 2007.
- 7) 重枝未玲, 朝位孝二, 坂本洋, 徳永智宏, 西尾崇, 秋山壽一郎, 中江邦昭 : 拡張準 2 次元解析を用いた大野川・乙津川の河道内樹木の管理に関する研究, 水工学論文集, 第 52 巻, pp. 655-660, 2008.