

# 河道規模に対する樹木群規模の比が樹木群透過係数におよぼす影響

中井 隆亮

## 1. 序論

樹木群の繁茂する河川の洪水流に対し、非定常平面二次元解析を適用する際に、樹木群の抵抗の大きさを表す樹木群透過係数は、樹木群の繁茂状況を考慮し、観測水面形を再現するように決定する。樹木群透過係数は、樹木群の規模や繁茂位置、河川の規模など、様々なものが相互に影響し、決まると考えられる。本研究では、利根川や江戸川に比べ河道スケールが小さい、渡良瀬川と思川、巴波川において、平成20年8月に発生した洪水に非定常平面二次元解析を適用し、各河川での粗度係数、樹木群透過係数を決定する。次に、河道や樹木群のスケールが異なる利根川、江戸川、常呂川を加えた計5河川で、各河川の河道スケールに対する樹木群の縦断長や幅などの樹木群スケールと、樹木群透過係数の値の関係を検討する。スケールの大小と無関係に統一的に議論するために、無次元樹木群透過係数と、樹木群と河道のスケールの無次元比を用いて検討を行う。

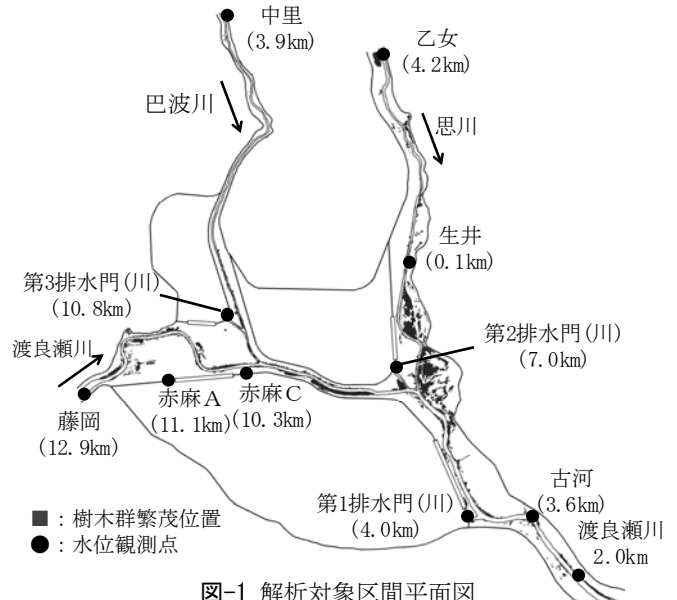


図-1 解析対象区間平面図

## 2. 解析対象河川の概要と平成20年8月洪水への非定常平面二次元解析の適用

解析対象河川の平面図を図-1に示す。対象区間は渡良瀬遊水地を含み、縦断的に堤間幅が大きく変化する。渡良瀬川の6.5km付近で思川が、10.0km付近では巴波川が合流する。渡良瀬川・思川・巴波川の対象区間はいずれも複断面河道であり、低水路河岸際に主にヤナギ類が繁茂する特徴がある。解析対象洪水は平成20年8月に発生した洪水とした。解析対象区間内で、渡良瀬川は8地点、思川は2地点、巴波川は1地点で水位が観測された。また、出水の規模が比較的小さかったため、各調節池への越流は生じていない。本解析では境界条件として、渡良瀬川の藤岡を上流境界、2.0km地点を下流境界、思川では乙女を上流境界、巴波川では中里を上流境界とし、それぞれに観測水位を与えた。なお、合流点の処理については、それぞれの川の解析メッシュで解いた流速と水位の情報をやりとりすることで一体的に解いている。図-2、図-3は、渡良瀬川・思川・巴波川の解析水面形と水位観測値を、水位上昇期および水位下降期に分けて示している。解析水面形は水位上昇期初期では観測値の再現性が低いが、水位ピーク付近では観測値を捉えており、下降期では観測値を再現している。表-1に本解析により決定した樹木群透過係数を示す。解析対象区間の樹木群透過係数は、 $K=10\sim30(m/s)$ という値の範囲を持つことが明らかとなった。

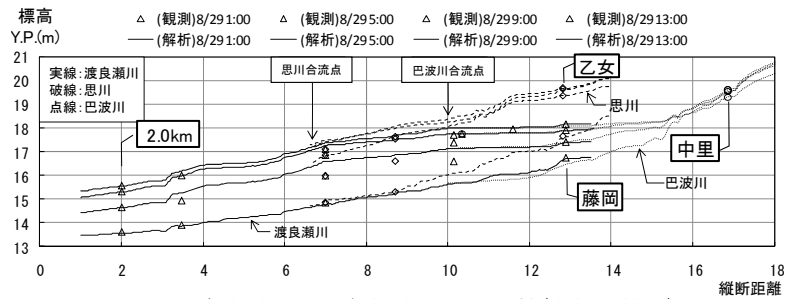


図-2 解析水面形と観測水面形の比較(水位上昇期)

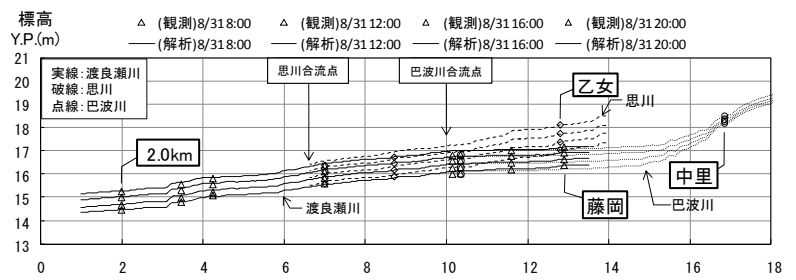


図-3 解析水面形と観測水面形の比較(水位下降期)

表-1 決定した樹木群透過係数

| 樹木群透過係数K (m/s) |                            |                             |                             |  |
|----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 渡良瀬川           | 10                         | 左岸 (6.6k~7.1k, 12.4k~12.9k) | 10                          | 左岸 (-2.8k~-1.3k)                       |
|                | 15                         | 左岸 (6.0k~6.8k, 7.6k~9.7k)   | 15                          | 左岸 (-1.4k~-0.1k, 2.4k~2.9k)            |
|                | 20                         | 左岸 (0.5k~2.6k, 5.0k~6.0k)   | 20                          | 左岸 (1.2k~1.6k)                         |
|                |                            | 10.7k~12.1k)                | 25                          | 左岸 (0.0k~1.0k)                         |
|                | 25                         | 左岸 (3.2k~3.5k, 9.8k~10.8k)  | 15                          | 右岸 (3.6k~3.7k)                         |
|                |                            | 12.2k~12.4k)                | 20                          | 右岸 (2.3k~3.1k)                         |
|                | 30                         | 左岸 (3.8k~4.8k)              | 25                          | 右岸 (-2.3k~-1.2k, 0.1k~0.9k, 1.6k~2.0k) |
|                | 10                         | 右岸 (7.4k~9.6k)              | 15                          | 右岸 (-1.0k~-0.4k, 0.9k~1.3k)            |
|                | 15                         | 右岸 (0.6k~1.2k, 5.3k~5.6k)   | 30                          | 左岸 (-3.6k~-2.6k)                       |
|                |                            | 11.9k~12.4k)                | 20                          | 左岸 (-2.1k~-0.4k, 2.2k~2.4k)            |
|                | 20                         | 右岸 (1.9k~4.4k, 5.8k~6.8k)   | 25                          | 左岸 (-2.4k~-2.2k)                       |
|                |                            | 12.0k~13.0k)                | 15                          | 右岸 (-2.9k~-1.4k)                       |
| 25             | 右岸 (4.3k~5.1k, 9.6k~10.1k) | 30                          | 右岸 (-3.6k~-2.9k, 3.4k~3.5k) |  |
|                | 10.8k~11.9k)               |                             |                             |  |

### 3. 無次元樹木群透過係数と無次元樹木群スケール、河道スケールの関係

渡良瀬川、思川、利根川、江戸川、常呂川の5河川で無次元樹木群透過係数と無次元樹木群スケールの関係を検討する。いずれの河川も複断面河道で、低水路河岸際に樹木群が繁茂するという特徴を有する。検討対象河川の河道と樹木群のスケールなどの諸元を表-2に示す。これらの諸元は、航空写真や横断測量結果、河川環境基図を用いて調べ、樹木群外の平均流速や水深には、それぞれの河川における水位ピーク時の解析結果を用いた。

福岡、藤田は、樹木群のある河道における洪水流の準二次元解析で用いられる境界混合係数  $f$  と、無次元樹木群透過係数  $K$  の間に、式(1)の比例関係が成立することを実験結果より示している。

$$f \propto \frac{K}{\bar{u}} \sqrt{\frac{h}{b'}} \quad (1)$$

ここで、 $h$ : 水深、 $b'$ : 樹木群幅、 $\bar{u}$ : 低水路平均流速である。この無次元樹木群透過係数と、樹木群繁茂区間の平均低水路幅で無次元化した樹木群幅と樹木群縦断長を検討に用いた。図-4は無次元樹木群幅と無次元樹木群透過係数の関係を、図-5は無次元樹木群縦断長と無次元樹木群透過係数の関係を示している。図-4、図-5より、無次元樹木群幅、無次元樹木群縦断長が大きくなるにつれ、無次元樹木群透過係数が小さくなることを示している。樹木群縦断長と無次元樹木群透過係数の関係について、図-6(a)には利根川・江戸川の関係を示している。図-6(b)には渡良瀬川、思川の関係を示している。また、各河川の樹木群透過係数の最大値・最小値をもつ樹木群を、それぞれ灰色と黒色のマークで表している。これらの図より、渡良瀬川、思川のように相対的に小さい河川では、黒色マークの無次元樹木群縦断長は大きい、利根川、江戸川では、黒色マークの無次元樹木群縦断長は小さいことがわかる。この利根川と江戸川は、検討対象の5河川中で堤間幅が広く、樹木群は、河道縦断方向に直線的に繁茂している。このような河川では、樹木群内外の流速差による混合抵抗が、流れ全体に及ぼす影響が相対的に小さく、樹木群縦断長が長くても樹木群透過係数に与える影響が小さいことが考えられる。

### 4. 結論

樹木が繁茂する渡良瀬川・思川・巴波川の3河川に非定常平面二次元解析を適用し、粗度係数と樹木群透過係数を決定した。また、利根川、江戸川、渡良瀬川、思川、常呂川の5河川において、無次元樹木群透過係数と、樹木群の縦断長、幅と低水路幅の比の関係を検討した。その結果、樹木群の幅や縦断長などの規模が大きくなるにつれ、無次元樹木群透過係数は、小さな値を示すことを明らかにした。

表-2 検討対象河川の検討諸元

|              | 利根川<br>104.0km-131.0km | 江戸川<br>38.0km-分派点(59.75km) | 常呂川<br>0.0km-20.0km |
|--------------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| 解析対象洪水       | H10年9月洪水               |                            | H18年10月洪水           |
| 堤間幅(m)       | 558-916                | 397-589                    | 270-675             |
| 低水路幅(m)      | 179-419                | 70-134                     | 49-172              |
| 河床勾配         | 1/4600                 | 1/5000                     | 1/2200              |
| 平均樹木群幅(m)    | 13-60                  | 4-41                       | 11-107              |
| 樹木群縦断長(m)    | 500-5600               | 300-3000                   | 300-5700            |
| 樹木群透過係数(m/s) | 40-70                  | 40-65                      | 10-60               |
| 高水敷水深(m)     | 2.7-5.2                | 2.1-4.1                    | 1.0-4.6             |
| 低水路平均流速(m/s) | 1.3-1.8                | 0.9-1.6                    | 0.5-2.0             |

|              | 渡良瀬川<br>0.5km-13.5km | 思川<br>合流点(-2.5km)-4.2km |
|--------------|----------------------|-------------------------|
| 解析対象洪水       | H20年8月洪水             |                         |
| 堤間幅(m)       | 251-1055             | 267-1162                |
| 低水路幅(m)      | 72-180               | 36-75                   |
| 河床勾配         | 1/4200               | 1/2700                  |
| 平均樹木群幅(m)    | 10-90                | 15-220                  |
| 樹木群縦断長(m)    | 170-2700             | 90-1380                 |
| 樹木群透過係数(m/s) | 10-30                | 10-30                   |
| 高水敷水深(m)     | 0.6-2.9              | 0.6-2.2                 |
| 低水路平均流速(m/s) | 0.3-1.6              | 0.4-1.7                 |

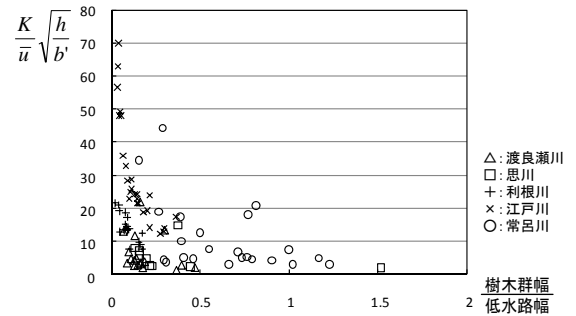


図-4 無次元樹木群幅と無次元樹木群透過係数の関係

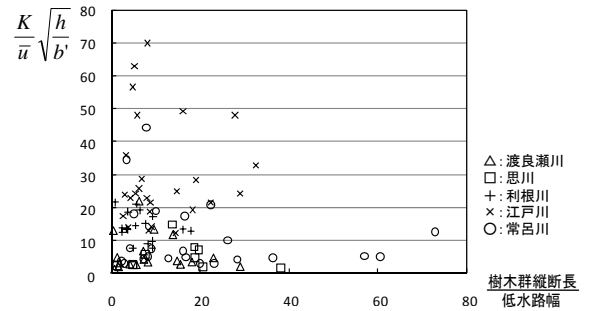


図-5 無次元樹木群縦断長と無次元樹木群透過係数の関係

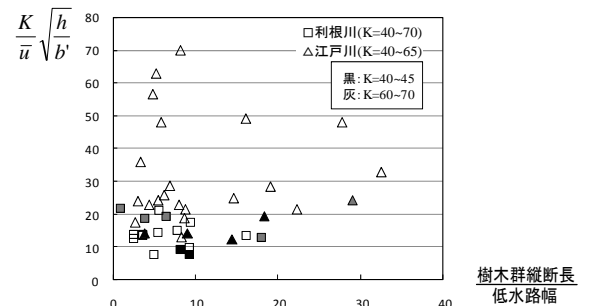


図-6(a) 無次元樹木群縦断長と無次元樹木群透過係数の関係 (利根川・江戸川)

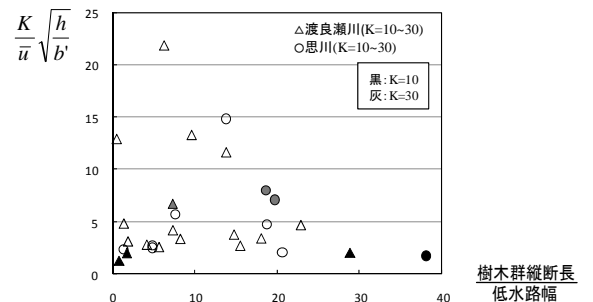


図-6(b) 無次元樹木群縦断長と無次元樹木群透過係数の関係 (渡良瀬川・思川)