

1. 序論

近年, 国内外の多くの河川で砂州・高水敷の樹林化が顕在化し河川管理上の様々な問題をもたらしている. しかし, 樹林の全面的伐採については, 現存生態系への影響や財政上の制約など課題が多い. 本研究では, 加古川の河道内樹林の部分伐採を想定して流れを解析し, 省力的な樹林管理施策を考える.

2. 対象区間の樹木諸元と想定する部分伐採エリア

本解析の対象は河道内樹木の繁茂が確認される加古川の河口距離 23.0 ~ 24.4km 区間である. 流れの解析に用いる樹木諸元を現地観測に基づいて表-1 のように設定した. 表-1 に記載した樹木エリアと解析対象区間を図-1(a)~(c)に示す. まず, 樹木への流水攪乱を増加させる部分伐採エリアを検討した. 水衝部のエリア②③, 水際部のエリア⑦⑧, 堤防法尻近傍のエリア⑨⑩での皆伐を想定し, 二次元二層流モデル¹⁾によって各エリアの部分伐採が樹木への流水攪乱におよぼす影響を定量的に評価した. 二次元二層流モデルは河道内樹木が冠水したとき, 樹冠をつなぐ二層界面で河川空間を上下二層に分けることで樹木への流体力や樹林帯内の底面せん断力が適切に評価されるモデルである. 本解析によれば, 水衝部であるエリア②③の皆伐を仮定した場合に水際部における樹木への流水攪乱効果が最も増加した. ここで, 樹木への流水攪乱効果は倒伏モーメント比 M_v/M_c で計測する. M_v/M_c は倒伏モーメント M_v と倒伏限界モーメント M_c との比であり $M_v/M_c > 1$ のとき樹木は倒伏すると判定する. M_v は次式(1)で示される²⁾.

$$M_v = \frac{1}{2N} h_v F \quad (1)$$

ここで N :密度(本/m²), h_v :樹高(m), F :流体力(N/m²)である. また M_c は次式(2)で示される³⁾.

$$M_c = 24.5 \times d^2 \quad (2)$$

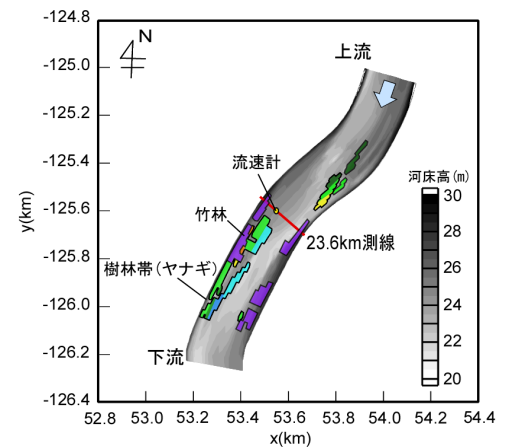
ここで d :樹径(cm)である.

3. 樹木生長に伴う M_v/M_c の経年変化

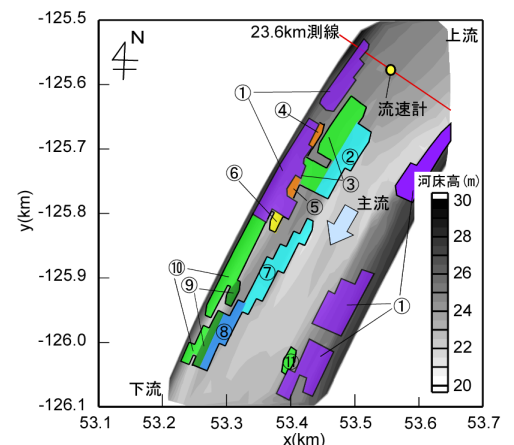
現状の樹木条件を想定した Case1, 水衝部のエリア②③皆伐直後を Case2, 皆伐から 1 年後を Case3, 2 年後を Case4, 5 年後を Case5 とする. Case3~5 では樹木

表-1 樹木条件

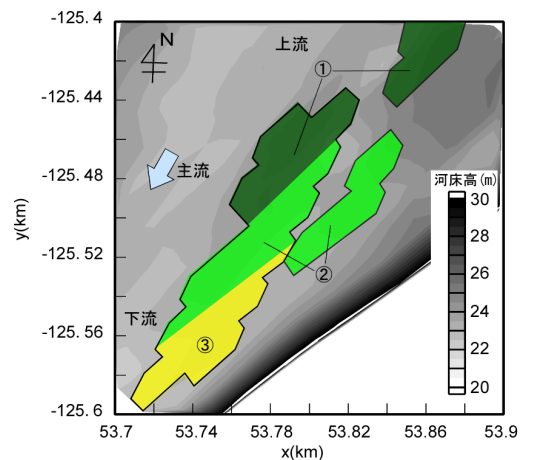
	樹種	密度 (m ⁻¹)	樹径 (m)	樹高 (m)
下流	① 竹	0.21	0.10	8.0
	② ヤナギ	0.002	0.10	4.6
	③ ヤナギ	0.005	0.21	7.2
	④ ヤナギ	0.011	0.53	12.6
	⑤ ヤナギ	0.062	0.48	11.8
	⑥ ヤナギ	0.015	0.38	10.3
	⑦ ヤナギ	0.003	0.12	5.0
	⑧ ヤナギ	0.004	0.06	3.3
	⑨ ヤナギ	0.008	0.19	6.8
	⑩ ヤナギ	0.007	0.28	8.5
上流	① ヤナギ	0.006	0.13	5.4
	② ヤナギ	0.009	0.23	7.5
	③ ヤナギ	0.015	0.38	10.3



(a) 全体図



(b) 右岸下流側



(c) 左岸上流側

図-1 樹木エリア

生長にともなう樹径・樹高を想定し、部分伐採による M_v/M_c の期待値 $\overline{M_E}$ の増加分が何年持続するのかを検討した。ここで、 $\overline{M_E}$ は次式(3)で記述される。

$$\overline{M_E} = \sum_{T=1}^n M(T) \times p(T) \times \Delta T \quad (3)$$

ここで $M(T)$: 再現期間 T に対応する流量が生じた際の M_v/M_c , $p(T)$: T 年確率流量の生起確率密度である。確率密度 $p(T)$ は再現期間 T を用いて次式(4)のように記述される。

$$p(T) = \frac{1}{T} - \frac{1}{T+1} \frac{1}{\Delta T} \quad (4)$$

樹木の生長特性はリバーフロント整備センターによる樹齢と樹高の関係³⁾を再整理した次式(5)を用いる。

$$h_v = 3.5087x^{0.335} \quad (5)$$

ここで、 x : 樹齢である。樹径は著者らによる現地観測から得られた樹高-樹径の関係式(次式(4))より求める。

$$h_v = 1.124d^{0.608} \quad (6)$$

エリア②③においては、エリア全体の実績平均値の密度で樹木が新規に参入・生長すると仮定する。その他のエリアでは樹木の新規参入を考慮せず、密度一定で生長すると仮定する。全エリアで当該期間での樹木の死亡は想定しない。表-2 に解析条件を示す。

図-2(a)~(d)に $\overline{M_E}$ の経年変化を示す。図-2(a)に着目すると、水際部のエリア⑦⑧で Case1 より Case2 の方が $\overline{M_E}$ は増加している。これは、水衝部のエリア②③の樹木を皆伐したことにより、水際部の流水攪乱効果が増加したためである。(b)に着目すると Case3 では皆伐したエリア②③で $\overline{M_E}$ が Case1 よりも増加している。これは Case3 のエリア②③の樹木が新規参入の稚樹で樹径が小さく、倒伏限界モーメントが小さいためであると考えられる。(c)に着目すると Case4 ではエリア③で $\overline{M_E}$ は増加しているが、他のエリアではほぼ同値である。(d)に着目すると Case5 では樹木がさらに生長し、エリア③以外の $\overline{M_E}$ は Case1 よりも減少している。このことから部分伐採による河道内樹木の管理サイクルは 5 年以下が必要と考えられる。本研究では $M_v/M_c > 1$ の時でも樹木は倒伏しないと仮定して、次の段階での解析を実施しているので、実際には流水攪乱に伴う樹木倒伏が生じるので適性な管理サイクルはもう少し長いと考えられる。

4. 結論

本研究では二次元二層流モデルを用いて樹林の一部伐採が流れに及ぼす影響を解析した。部分伐採により樹木への流水攪乱効果が顕著であったエリア②③(水衝部)の皆伐後の $\overline{M_E}$ の経年変化を分析し、5 年後には $\overline{M_E}$ が全体的に現状よりも減少した。このことから部分伐採による河道内樹木の管理サイクルは 5 年以下が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 道奥康治ら：捨石水制が冠水した開水路流の二次元二層流モデル，土木学会論文集，No.782，pp.31-50，2005。
- 2) 大地洋平ら：樹林化した河道における樹林帯の生長段階が流況に及ぼす影響，土木学会年次学術講演会講演概要集，第 66 回，II-010，2011。
- 3) (財) 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，pp.134，1999。

表-2 解析条件

流量(m ³ /s)	1510	1860	2400	3570	6550
下流端水位(m)	27.15	27.61	28.26	29.49	32.00
確率年(年)	1	2	5	20	150
粗度係数(m ^{-1/3} s)	低水路:0.028		高水敷:0.055	樹林帯内:0.031	

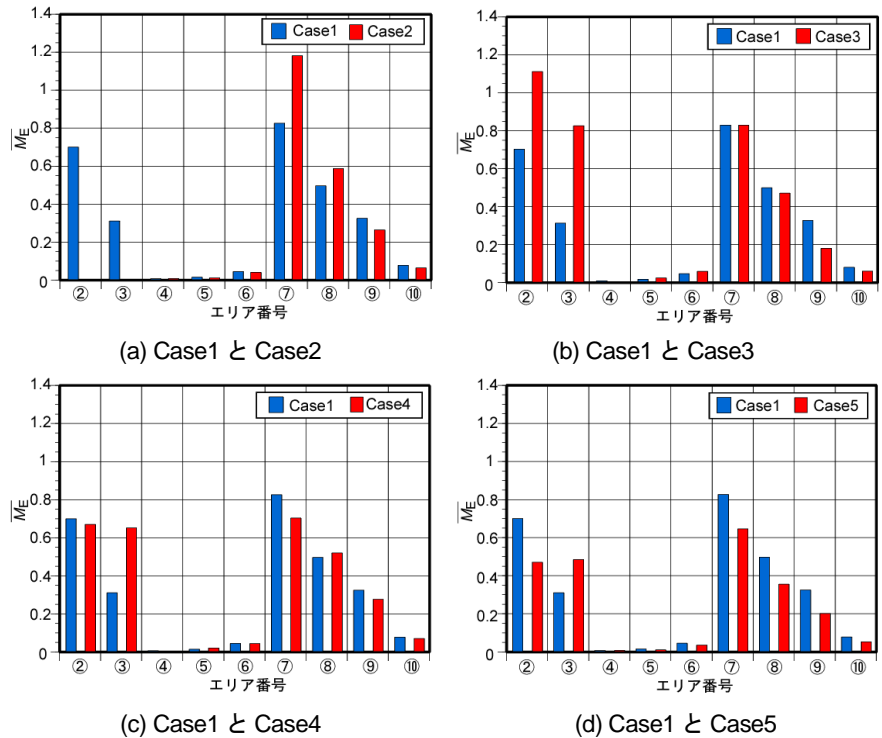


図-2 $\overline{M_E}$ の経年変化