

1. 序論

近年，全国の河川において砂州・高水敷における過度の樹林化が問題となっている．これは，出水時の流下能力や親水機能の低下，植生遷移帯の喪失など様々な問題を引き起こすため，河道内樹木群への流水攪乱の影響や抵抗特性を把握することが河川の維持・管理において重要である．本研究では二次元二層流モデル¹⁾を用いて，樹木の生長段階ごとの洪水流の解析を行い，樹木の生長にともなう洪水流の特性と樹木倒伏可能性を明らかにした．また，樹木の現地観測を実施して樹木倒伏モーメントの解析結果との比較を行い，解析モデルの有用性を確認した．

2. 樹木の生長を想定した解析条件

本研究では，加古川の河口距離 23.0~24.4km 区間（図-1 参照）を対象に洪水流解析と現地観測を実施した．解析は平成 23 年 9 月 4 日に発生した台風 12 号による出水のピーク流量に対して実施した．図-1 のように樹木条件が類似のエリア別にゾーニングし，エリアごとの樹木条件を設定した．対象区間においては，樹林帯への流水攪乱効果を期待して図-1 の赤丸の範囲で高水敷の切り下げ施工が 2008 年 3 月に実施されている．冠水頻度の増加による樹木繁茂の抑制を見込んでいたが，現地観測では樹木が再び繁茂している様子が確認できた(写真-1 参照)．そこで，今後も樹木がさらに生長すると仮定して，表-1 の解析条件において，高水敷切り下げ部のエリアを二つに分割し(上流部がエリア ，下流部がエリア)，

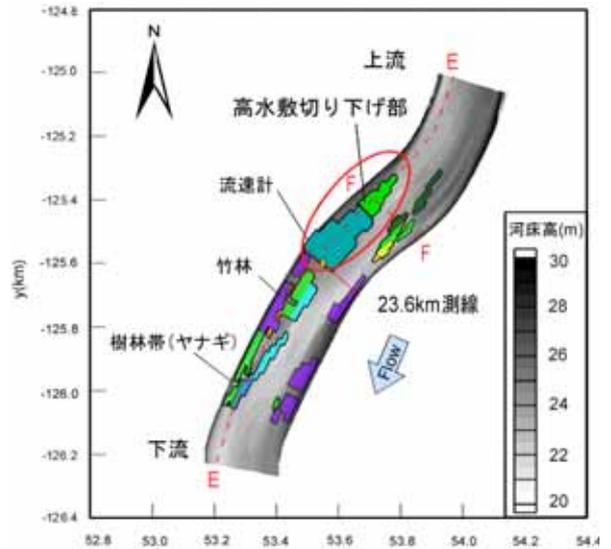


図-1 解析対象区間

表-1 解析条件

		CASE1 (樹木なし)	CASE2 (5年後)	CASE3 (10年後)	CASE4 (20年後)
流量(m ³ /s)		3590			
下流端水位(m)		29.49			
粗度係数(m ^{-1/3})		低水路:0.028	高水敷:0.055	樹林帯:0.031	
樹径(m)	エリア⑫	0(樹木なし)	0.16	0.23	0.34
	エリア⑬				
樹高(m)	エリア⑫		6.01	7.59	9.57
	エリア⑬				
密度(m ⁻¹)	エリア⑫	0.029	0.042	0.062	
	エリア⑬	0.013	0.019	0.028	

それぞれ切り下げ施工から 5 年後(CASE2)，10 年後(CASE3)，20 年後(CASE4)における樹木条件を設定した．樹高は樹齢を切り下げ施工からの経過年数としてリバーフロント整備センターによる樹齢と樹高の関係²⁾を著者らが再整理した式 ($h_v=3.51T^{0.36}$ ， h_v ：樹高， T ：樹齢) から算出し，さらに樹径は現地調査による [樹高 h_v ，樹径 d] 関係 ($h_v=1.12d^{0.61}$) を用いて算出した．



写真-1 切り下げ部の樹木繁茂状況

(左：高水敷切り下げ直後(平成 20 年 3 月)，右：平成 24 年 12 月)

3. 結果および考察

図-2 に縦断面 E-E(図-1 参照)における水面形と河床地形を示す．CASE3 における樹林帯と二層界面を併記する．また，図中の緑で色付けした樹林帯は高水敷切り下げ部の樹林帯を示している．切り下げ部に樹木が存在しない CASE1 と比較して，CASE2~4 では切り下げ部とその上流側において 20~40cm 程度，水位が堰き上がっている．

図-3 に横断面 F-F(図-1 参照)における全層平均流速，水面形，河床地形を示す．CASE1 と比較して，CASE2~4 では切り下げ部において流速が減少しており，また切り下げ施工から時間が経過するとともに流速が大きく減少している．さらにその影響として，CASE2~CASE4 では左岸側の流速が増加している．

図-4(a)に CASE2 における樹木に作用する倒伏モーメント比 M_v/M_c の分布を，(b)に図-4(a)における A, B 地点の倒伏モーメント比の経年変化を示す．ここで， M_v/M_c は樹木に作用する倒伏モーメント M_v と樹木固有の倒伏限界モーメント M_c との比を表す．図-4(b)から，樹木に作用する倒伏モーメント比は樹木の生長とともに減少しているため，樹齢が若い間に間伐などの樹林施業による適切な河道内樹木の管理が必要であることがわかる．

図-5(a), (b)には，現地観測で倒伏と判定された樹木の分布を示す．ここで，倒伏度とは樹木の傾斜角度を $\theta(0 < \theta < 30^\circ(\text{Small}), 30^\circ < \theta < 60^\circ(\text{Medium}), 60^\circ < \theta < 90^\circ(\text{Large}))$ のように分類したものであり，樹木の倒伏の大きさを意味する．図-5(a)を見ると比高の減少にともない倒伏度が大きい樹木が多くなっており，これは図-4(a)において比高の減少とともに倒伏モーメント比が増加していることと対応している．また，図-5(b)における倒伏樹木の位置と図-4(a)の下流部において倒伏モーメント比 $M_v/M_c > 1$ の範囲がほぼ一致している．これらより，解析結果と現地観測との結果が良好に一致し，二次元二層流モデルの有用性が確認される．

4. 結論

本研究では樹木の生長を想定して解析条件を設定し，二次元二層流モデルを用いて樹林化した河道内の流れの解析を行った．その結果，樹木の生長に応じた洪水流の特性と樹木倒伏特性を明らかにし，現地観測結果と解析結果の比較により二次元二層流モデルの有用性を確認した．

参考文献

- 1) 道奥康治，南条雅志，石垣泰輔，前野詞朗：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.782/70，pp.31-50，2005. 2) (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．

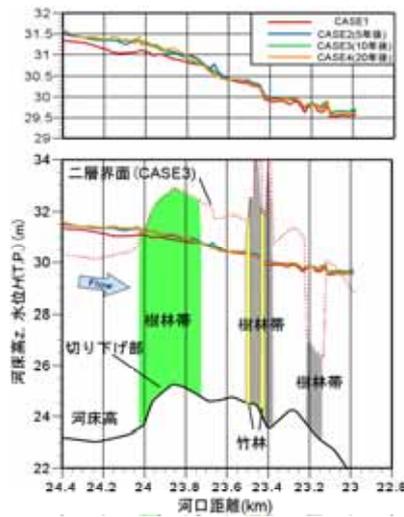


図-2 縦断水面形分布

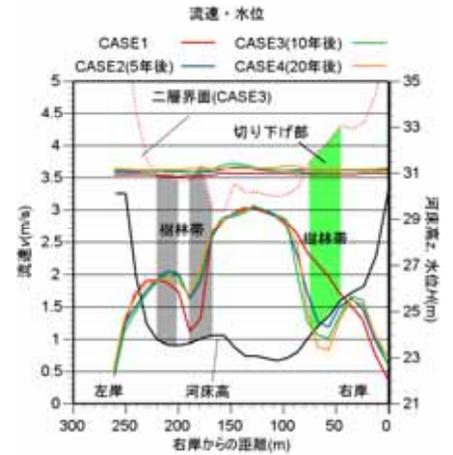
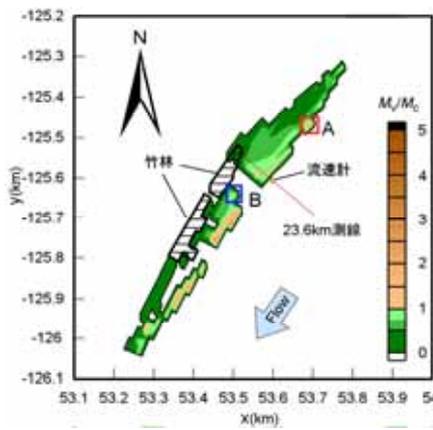
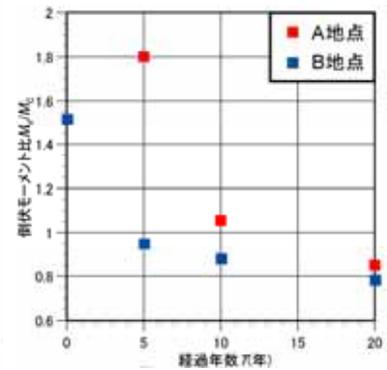


図-3 流速の横断分布

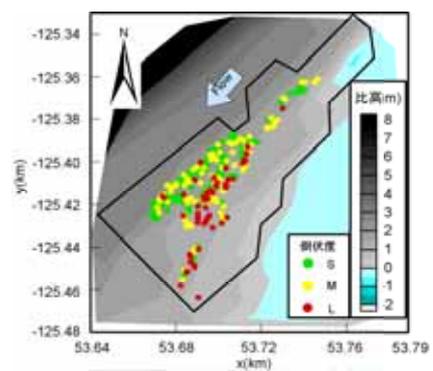


(a) M_v/M_c 分布(CASE2)

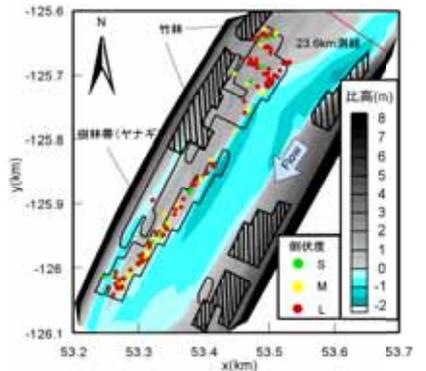


(b) M_v/M_c の経年変化

図-4 樹木に作用する倒伏モーメント比 M_v/M_c



(a) 上流部



(b) 下流部

図-5 現地観測で確認された倒伏樹木の分布