

地質と降雨量の影響を組み込んだ流域の流木災害リスク評価法の開発

九州大学大学院 フェロー ○矢野真一郎 正会員 笠間清伸

九州大学大学院 学生会員 土橋将太・楊東・富田浩平・竹村大

1. 研究目的

近年の我が国において、記録的豪雨に起因する大規模洪水・土砂災害が多発している。一方で、斜面崩壊や河岸の浸食の発生などに伴い多くの流木が河道に流出し、洪水被害を助長している事例が多数報告されている。これら流木は、河道を流下する際に比較的流下能力が低い構造を持つ橋梁に集積し、ダム化してせき上げを起こすことで氾濫を助長したり、大量に集積して洪水時の非常に大きな流体力を受けることで橋梁を破壊したりするなどの災害を引き起こす。このような状況から、これまで議論されてきた水や土砂の流出管理に加えて、今後は大規模洪水時の流木流出の管理技術の開発が必要であると考えられる。さらに、気候変動による降雨形態の変化が斜面崩壊の頻度や規模を変化させることが予測されることから、流木災害リスクの上昇も想定する必要がある、適応策の検討も必要とされる。

矢野ら(2016)は、河川流域内に存在する豪雨時に斜面崩壊の可能性が見込まれる箇所と対象斜面の森林の状況、ならびに対象河川と各斜面との地形的な関係から推定される流木の可能最大発生量を「流木発生ポテンシャル」と定義し、その評価法を提案してきた。この概念に基づいて、平成24年7月九州北部豪雨にて10日間で2度の既往最大洪水を経験した筑後川支川の花月川を対象として、各橋梁における流木災害リスクを評価している。しかし、流木が発生する可能性のある斜面の評価において、傾斜角ならびに斜面と河道との位置関係のみを考慮していた。実際には、当該斜面の地質条件と降雨条件にも斜面崩壊の発生は影響を受ける。そこで、それらの情報を加味した流木発生ポテンシャルの評価法の改良を行い、花月川について再評価することを試みる。

2. 研究内容

2.1 降雨による斜面崩壊の可能性の評価：

流木は斜面崩壊により倒壊した倒木が河川に流出して発生する。そこで、流木の発生源となりうる豪雨時に崩壊が発生しうる箇所を推定する必要がある。本研究では、斜面情報、地質、降雨の継続時間 t から崩壊が発生する降雨強度である表層崩壊発生危険定常降雨強度 $r(t)$ を内田ら(2011)の評価式(1)から推定する。

$$r(t)=\frac{K_s h \sin I\left[c(1+e)+\gamma_w h \cos I\left(G_s+e S_r\right) \cdot\left(\cos I \tan \phi-\sin I\right)\right]}{A \gamma_w h \cos I\left[\left(1+e S_r\right) \cos I \tan \phi+e\left(1-S_r\right) \sin I\right]\left[1-\exp \left(-\frac{1+e}{e-e S_r} \frac{K_s \sin I}{A} t\right)\right]}$$

(1)

ここで、 K_s ：透水係数、 h ：土層深、 I ：斜面勾配、 c ：粘着力、 e ：間隙比、 γ_w ：水の単位体積重量、 G_s ：土粒子の比重、 S_r ：飽和度、 ϕ ：土の内部摩擦角、 A ：集水面積である。各パラメータは暫定的に表-1のように与

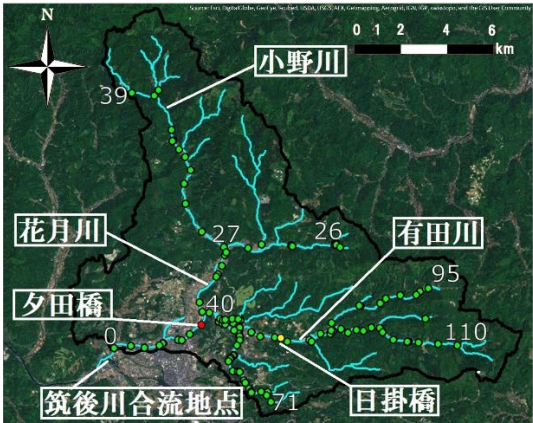


図-1 対象河川と橋梁の位置 [緑点：橋梁、青線：河道、黒線：流域境界、番号は橋梁番号。]

表-1 モデル定数の設定

決定値、または決定方法			
K_s	10^{-5} m/s	γ_w	9.8 kN/m ²
I	標高から取得	c	N 値より推定
ϕ	N 値より推定	h	2.0 m
e	1.0	G_s	2.7
S_r	0.9	A	標高データから

キーワード：流木発生ポテンシャル 流木災害リスク 温暖化影響評価 適応策

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院工学研究院環境社会部門 TEL：092-802-3414

えて用いた。 c と ϕ の算定に必要な土質と N 値は、研究対象領域内の九州地盤データベース97地点のボーリングデータから表層2m付近の値を抽出し、ボロノイ分割により流域に適用した。また、降雨強度の再現確率を算出するために、アメダス日田の1943年～2016年までの降雨データから確率降雨分布（ここでは、1時間降水量を用いる）を算出した。図-2に降雨継続時間 t が1時間の場合について $r(t)$ の分布を確率年で示す。降雨強度、すなわち確率年が増えるごとに崩壊箇所が増加していくことが分かる。

2.2 橋梁における相対的な流木災害リスクへの降雨強度の変化の影響評価：

流木が発生し河道を流下する際に、通常は河川の横断構造物のうち橋梁とダムで流木は捕捉される。災害リスクを評価する際には、一般的には災害により発生する経済的、もしくは人間的被害の大小で議論されるが、ここでは橋梁地点における流木発生ポテンシャルの算定結果を用いて、各橋梁の構造に起因する流木の捕捉量、すなわち想定される最大の捕捉量に相当する量でリスクを代替的に表現する。この評価から各橋梁の構造とその地点における可能な流木発生最大量を考慮した相対的な流木災害の可能性を比較できることになる。

図-3に九州北部豪雨相当の雨量が1時間継続した際の各橋梁での相対的捕捉流木量を示す。ここでは、矢野ら(2016)による橋梁での流木捕捉率の評価式中の任意定数として $k=10$ の場合を示している。平成24年の豪雨において実際に流木が集積した花月川の夕田橋($i=9$)と有田川の日掛橋($i=79$) (図中の赤いバー)について着目すると、リスクが相対的に高く評価されていることが分かる。

最後に、降雨量変化が夕田橋（H29年3月現在で架替が完了しているが、ここでは改修前の状態を想定した）への流木災害リスクへ与える影響を評価した（図-4）。温暖化後の海水温条件では、九州北部豪雨の1.3倍程度の降水量が発生する可能性があることが Manda *et al.*(2014)により示されている。日田地点での1時間最大降水量80mmは約40年確率であったが、それを単純に1.3倍すると200年となり、リスクは2倍強となること示された。

3. 結論

大規模豪雨災害に伴い発生する流木災害について、流木発生ポテンシャルの評価法を地質や降雨強度の影響を考慮して改良した。本方法に基づき、花月川流域を対象とした流木発生ポテンシャルと全橋梁における相対的流木災害リスクを評価した。降雨強度の変化に伴う流木災害リスクの変化を定量的に示すことができるようになった。

謝辞：本研究は科研費(15K14042)、文部科学省 SI-CAT の援助により実施された。また、国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所、ならびに大分県に各種データを提供いただいた。深甚なる感謝の意を表する。

参考文献：1)矢野ら(2016)：土論 B1,72(4),I-289-I-294., 2)内田ら(2011)：砂防学会研究発表会概要集, 130-131., 3)Manda *et al.*(2014): *Scientific Report*, 4, 5741.

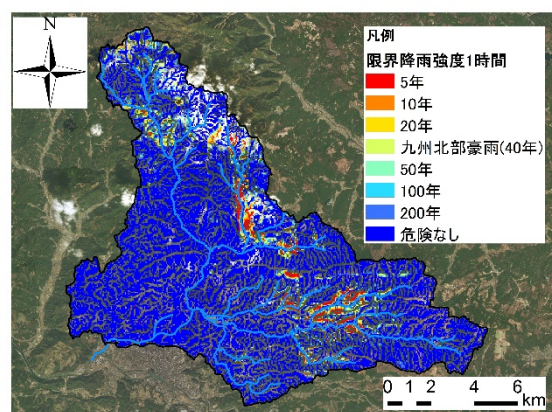


図-2 降雨継続時間 1h の場合の崩壊斜面分布



図-3 相対的流木災害リスクの分布 [k=10 の場合]

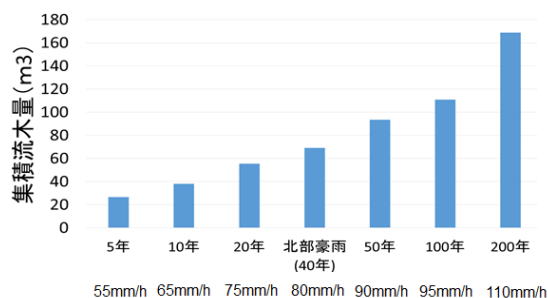


図-4 降雨強度の変化による流木災害リスク変化の一例