

筑後川流域の一貫した流木発生量予測モデル構築の試み

九州大学 学生会員 ○小林知朋・正垣貴大・Wu Yiwen・津末明義・矢藤壮真・福田凌大
九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 正会員 丸谷靖幸 東京工業大学大学院 正会員 笠間清伸

1. 目的

令和2年7月豪雨では、九州地方で多くの線状降水帯が発生し、筑後川では計画降雨と同程度の降雨が観測された。筑後川上流域の松原ダムと下笠ダムでは、合わせて約6,000 m³の流木が回収された¹⁾。また、国土交通省九州地方整備局は7月4日から31日までの28日間で15,883 m³の漂流物を有明海と八代海で回収した。これは昨年度1年間の回収量1,353 m³の約12倍の量の漂流物をわずか1ヶ月弱で回収したこととなる²⁾。海洋に流出し拡散集積する流木のリスクとして、漁業施設に深刻な被害を与えることや、完全撤去が困難なこと、台風が接近した場合に災害リスクが上がることなどが挙げられる。海岸の漂着物は満潮時に再び浮揚し、海に流出して再漂流する。また干潟など水深が浅い場所に堆積した流木は、回収船による撤去が困難である。

このような背景から、海域に流出した流木回収の効率化を図ることは急務であり、そのために主要河川から海域に流入する流木量を把握することが求められる。本研究では、有明海に流れ込む8つの一級河川のうち最大の流域面積を持つ筑後川を対象に、流木発生量を推定するモデル構築を試みる。正垣ら³⁾は、斜面崩壊に寄与すると考えられる様々な要因を現状で可能な範囲で導入し、ロジスティック回帰分析を適用して採用した降雨規模に応じて斜面崩壊発生確率を地点毎に算定することで、斜面崩壊を評価するとともに流木発生量を算出することを試みた。その結果、平成29年九州北部豪雨を対象にして筑後川中流右岸の15河川で概ね±20%の精度で流木発生量を予測した。また矢野ら⁴⁾は、令和元年台風19号で被災した宮城県丸森町の被災4河川を対象にロジスティックモデルを作成し、概ね±20%の精度で流木発生量を予測している。本研究では、これら既存の2つのロジスティックモデルを利用して筑後川流域全体に適用し、流域を一貫した流木発生量を推定するモデルの構築を試みる。

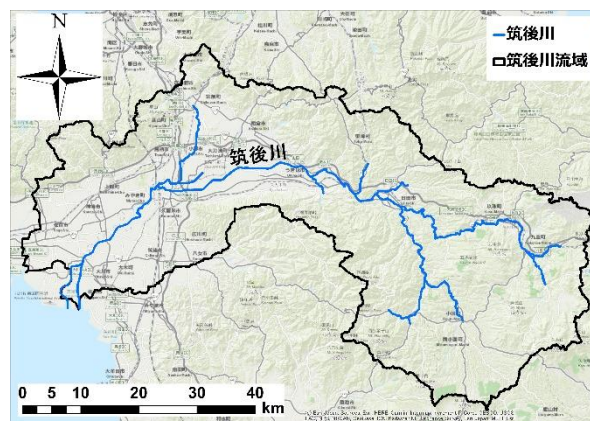


図-1 調査対象河川

2. 研究内容

調査対象は図-1で示した筑後川流域である。全流域を30mメッシュに区分し、要因データを作成した。本研究で要因データは、斜面崩壊に寄与する素因として、傾斜角・地質・平面曲率・累積流量・土壌被覆を、誘因として1時間・3時間・6時間・12時間・24時間の最大累積雨量を設定した。2020年5月30日から7月31日の気象庁レーダ解析雨量から得られた各時間の最大累積雨量を今次豪雨の降雨とした。また、2011-2020年の各年最大降雨イベント時のC-Xレーダ解析雨量から得られる各時間の最大累積雨量を作成して、ロジスティックモデルの適用事例とする予定である。

筑後川流域全体に対して前述の2種類のロジスティックモデルを適用し、メッシュ毎の斜面崩壊発生確率 $P(z)$ を次式より算出する。

$$P(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)} = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)} \quad (1)$$

ここで、 $z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$ 、 β_i : 回帰係数(最尤法により決定)、 X_i : 説明変数である。それぞれのモデルの回帰係数 β_i は表-1に示すとおりである。

次に、メッシュ毎に得られた $P(z)$ を溪流単位で集計し平均することで、溪流毎の平均斜面崩壊発生確率 $\overline{P(z)}$ を算出する。そして崩壊した溪流から崩壊地地面積率と $\overline{P(z)}$ の単回帰式を決定し、崩壊地面積率

表-1 2つのモデルの回帰係数の違い

要因	区分	H29モデル回帰係数	R1モデル回帰係数
素因	傾斜角	0.068	0.027
	平面曲率	-16.909	21.108
	地質	火山岩	10.605
		深成岩	11.780
		変成岩	0.048
		堆積岩	11.054
	累積流量	1.033	1.827
	土地被覆	広葉樹	-0.100
		常緑針葉樹	-1.268
		裸地+草地	0.582
誘因	最大累積雨量	1時間	0.018
		3時間	0.033
		6時間	0.009
		12時間	0.101
		24時間	-0.103
	切片	-14.953	-15.304

表-2 2つのモデルを適用したときの
予測崩壊地面積率と予測流木発生量

	R1台風19号モデル	H29九州北部豪雨モデル
予測崩壊地面積率	0 - 0.002469	0
予測発生流木量(m)	6.974	0

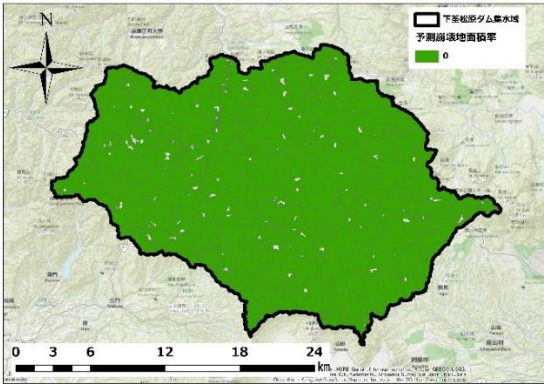


図-2 H29九州北部豪雨モデル適用の予測崩壊面積率

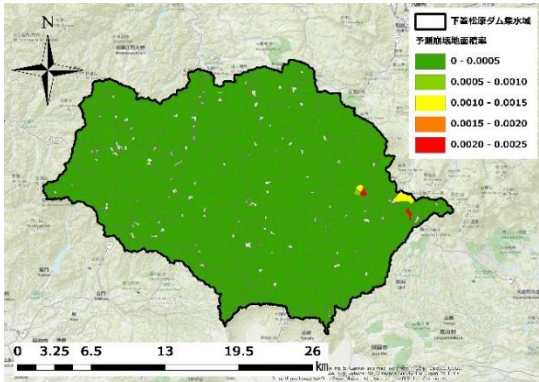


図-3 R1台風19号モデル適用の予測崩壊地面積率

を予測する。最後に流木発生量 V は崩壊面積 A から次式より算出する。

$$V = \beta A \tag{2}$$

ここで、 β ：単位面積当たりの立木材積量である。 β は福岡県人工林収穫予測システム⁵⁾を用いて、針葉樹の場合は樹齢45年を仮定して $\beta=54,900 \text{ m}^3/\text{km}^2$ とする。また、広葉樹は過去の経験値⁶⁾である $\beta=1,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 、草地・裸地については $\beta=0 \text{ m}^3/\text{km}^2$ とする。

3. 結果と考察

H29九州北部豪雨モデルとR1台風19号モデルを筑後川流域上流部の松原・下笠ダム上流域に適用した結果、表-2の通りとなった。H29モデルでは今次豪雨では崩壊しない結果(図-2)が得られた。R1モデルでは杖立川上流付近でわずかに崩壊が発生すると評価された溪流があった(図-3)。

崩壊確率が低くなった原因の一つとして、誘因として使用した令和2年豪雨と、作成したモデルで考慮している降雨の継続時間に相違があることが考えられる。特にH29モデルでは1・3・6時間最大累積降雨(差分取り扱い)が考慮されているが、今次豪雨は降雨継続時間が16時間以上であり、より長い降雨の影響があった。今次水害での崩壊地予測にあたり、より長い時間を考慮できるようなモデルを適用する必要があると考えられる。

4. 結論

筑後川を一貫して流木発生量が評価可能なロジスティックモデルの開発を試みた。実績のあるH29モデルとR1モデルの2つを適用したところ、今次豪雨で崩壊した斜面の予測精度は高くなかった。今後は、現在整理中のH24年九州北部豪雨、H29年九州北部豪雨時の流域全体の崩壊地データを用いて、両豪雨時の再現を可能とするモデルを作成する予定である。加えて過去10年間の年間最大降雨を対象に、流木発生量の評価を試みる。それらの結果は講演時に発表する予定である。

【謝辞】本研究は、九州大学大学院工学研究院海域港湾環境防災共同研究部門における共同研究として実施された。また、科学研究費基盤研究(A)(JP19H00812)、ならびに令和2年度特別研究促進費(JP20K21916)、の援助を一部受けた。ここに記し感謝の意を表す。

【参考文献】1)国土交通省(2020)：令和2年7月豪雨の概要と松原・下笠ダムの防災操作。、2)国土交通省(2020)：http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/n-kisyahappyou/r2/20073104.pdf(2020年7月時点)。、3)正垣ら(2020)：年講, 74, II-133。、4)矢野ら(2020)：土論B1,76(1), 253-263。、5)福岡県：人工林収穫予測システム, <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/sugi-yosoku.html>、6)林野庁(2012)：土石流・流木対策の手引き。