

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14042

研究課題名(和文) 森林～河川～海域を一貫した流域圏の流木発生ポテンシャルによる災害リスク評価

研究課題名(英文) Evaluation of the driftwoods hazard risks by its generation potential in overall watershed area from woods through rivers to sea

研究代表者

矢野 真一郎 (Yano, Shinichiro)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：80274489

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：可能最大流木発生量に相当する流木発生ポテンシャルの概念を提案し、それに基づく橋梁の流木災害リスク評価手法を開発した。同手法を用いて、花月川(筑後川支川)、山国川、球磨川、白川について流木災害リスク評価を試みた。また、モデルの改良として、砂防ダム、貯水ダム、石橋、沈下橋の評価方法の組み込み、LPデータを用いた大流域へも対応可能な樹林量評価法の改良、ならびに地質データを組み込み降雨強度の流木災害リスクへ影響評価が可能なモデルへのバージョンアップを行った。本研究により、これまで評価できなかった流域全体での流木災害リスク評価が可能となった。

研究成果の概要(英文)：“Driftwoods Generation Potential (DGP)”, which means the possible maximum driftwoods generation from a given watershed area, was proposed. Also, evaluation of “Driftwoods Hazard Risk (DHR)” at a given bridge on a river was developed using DGP. The new method to evaluate DGP and DHR was applied to the Kagetsu River, the Yamakuni R., the Kuma R., and the Shira R. The original evaluation model was also modified by considering effects of check dams, big dam, stone bridges, etc. In addition, improvement of the model using Laser Profiler dataset and geological dataset to estimate volume of woods and possibility of landslide generation by a given precipitation was attempted for working efficiency upgrade and including effects of climate change. From the present research results, driftwoods hazard risk can be quantitatively evaluated by the new model.

研究分野：環境水理学

キーワード：流木 河川災害 災害リスク 流域圏 流木発生ポテンシャル

1. 研究開始当初の背景

2011年の新潟・福島豪雨災害、2012年7月の九州北部豪雨災害、2013年7月の山口・島根水害、ならびに2014年の京都・兵庫・岐阜の豪雨災害、をはじめとする各地の水害、ならびに2013年10月の台風26号による伊豆大島の土石流災害など近年は異常気象とも言える極端気象による災害が多発している。これらの災害では、山地の表層崩壊に伴う土石流の発生に加えて森林から大量の樹木が流出することで被害を助長している。河川まで達した樹木は、「流木」となり洪水流と共に河川を流下する。

橋梁などの河川構造物に流木が捕捉された場合は、大量に集積することで洪水の流下を妨げ、せき上げ効果により氾濫を助長する。これは、河川計画の根本を覆す事象であり、最も重大な流木リスクと言える。また、橋桁に流木が集積した場合は、投影面積の増大によって流れから受ける流体力が飛躍的に増大し、最悪の場合は破損・落橋する。さらに、途中にダムがある場合には網場で捕捉しきれず、余水吐き・洪水吐きの呑口周辺に堆積し機能不全に陥ることがある。洪水が堤防を越流したり、堤防決壊が生じたりするなどして氾濫した場合には、流木が氾濫水とともに堤内地へ流れ込み、住宅などに衝突することで破壊を助長する。加えて、河道を流下し河口まで達した流木は、河口周辺の港湾に大量に集積して漁船などの小型船の利用を阻む。また、干潟に堆積した場合、アサリなどの二枚貝の漁獲に影響を与える。さらに、海域に浮遊する流木は小型船と衝突事故を起こしたり、畜養・養殖筏やノリ養殖などの漁業施設を破壊したり、それらの利用の妨げになるなど、大きな被害を及ぼす。

このように大きな出水で発生する流木は、河川上流から河口域、さらにはダム湖・海域まで含んだ流域圏全体に被害を与える。一方、これまでの流木に関する調査研究は、土砂災害発生後の発生量調査、橋梁への集積発生メカニズムの実験的検証、河口から海域へ流出した流木の流動パターンの検証、など単一事象に留まったものが多く、流域圏全体での流木による災害リスクについて評価したものは見受けられていなかった。

2. 研究の目的

2012年の九州北部豪雨で洪水により流木が発生して被害の出た河川のうち、花月川（筑後川の支川）・山国川を対象として、河道上の任意地点における流木の可能最大発生量を流域の森林の状況、地形、地質などの情報を包括的に組み込んで表現し、橋梁の諸元からそれら流木が集積するリスクを相対的に評価することを試みることで、河川流域全体での流木災害リスクを評価する基本的な手法の開発を行うことを本研究の主要な目的とした。

加えて、2016年の熊本地震とその後の出水

により流木被害の発生した白川、ならびに流木リスクが懸念されている球磨川を対象として、地震と豪雨の複合災害による流木リスクの評価、ならびにレーザープロファイラデータを用いた広域解析手法の確立を追加的な目的にした。

本研究により河川・地盤・橋梁の影響を組み込んだ包括的な流木リスク評価手法の基盤部分が開発できると想定される。この手法を河川流域へ適用することにより、河川計画、砂防計画、流木捕捉施設をもつ遊水池の配置計画、ならびに橋梁の掛け替えや新規建設時の道路・都市計画などに対して、今後予想される災害外力の増大への適応策を検討する上での重要な指針を与えることが期待される。

3. 研究の方法

2012年7月に発生した九州北部豪雨において洪水が発生し、流木による被害が発生した一級河川のうち花月川（筑後川の支川）と山国川、2016年4月に発生した熊本地震の影響を受けて発生したと考えられている流木流出が起こった白川、ならびに近年被害は出ていないものの流木リスクが危惧されている球磨川の4河川を対象として以下に示す調査研究を実施した。

1) 花月川について

流木リスクを評価する基本モデルの開発を試みる上で、小規模な流域面積を持ち、流木被害の実績があることから花月川を最初の評価対象として選択した。評価モデル開発に必要なとされる、流域内の林班データ、地形データ、河道データを地理空間システムGIS上に統合して整理した。その後、河道上の任意地点における可能最大流木発生量に相当するものとして、「流木発生ポテンシャル」の概念を提案し、評価モデルを開発した。その際、流木発生源となりうる斜面の選択条件として、最大傾斜角が30度以上となること、ならびに斜面崩壊した場合に土砂が到達しうる最大距離が斜面から河道までの最短距離より大きくなることを用いた。各斜面からの流木流出量は、過去の土砂災害時の流木発生量データから得られている経験式を用いて、斜面上の森林の樹種データから決定されるパラメータを利用して算出した。これより、河道上の任意地点における流木発生ポテンシャルの評価方法の基礎的なモデルが開発された。

次に河道上の橋梁における流木集積の度合いを、橋梁の諸元から評価する方法を開発した。具体的には、橋梁の橋脚間の最小スパン長と当該河川において想定される流木長の比を用いて通過する流木の捕捉率を評価する手法を採用した。その際、各橋梁の橋脚間最小スパン長に関しては、現地踏査により全橋梁を実測したデータを用いた。また、想定流木長は代表的な森林を流域内から選択

し、その森林を現地調査して得られた代表的な樹高長から、経験的に得られている流木長の原木樹高との比率より、評価した。これらの評価法より、各橋梁の相対的な流木災害リスクを評価した。

最初に開発した流木発生ポテンシャル評価法には、各斜面の地質に関する情報は使用されておらず、降雨条件により斜面崩壊の発生確率が変動する影響は考慮されていなかった。そこで、斜面災害予測において利用されている、定常降雨強度から斜面崩壊を予測する手法を援用し、降雨強度が異なる場合の流木発生源の違いを評価できるモデルへの改良を試みた。

2)山国川について

2012年の九州北部豪雨において、石橋に流木が集積する被害や、石橋の流下能力不足に起因する堰上げの発生に伴う氾濫被害などが発生した山国川について、花月川で開発された流木発生ポテンシャルと橋梁での相対的流木災害リスクの評価法を適用することを試みた。その際に、石橋については、特有の桁下構造であるアーチ形状を考慮して流木捕捉率を評価している。

また、山地河川である山国川には、砂防ダムなどの施設が多く存在していることから、砂防ダムによる流木リスク低減効果を評価することを試みた。その際、砂防ダムは流木捕捉効果の大きいスリットタイプと、効果が小さいと考えられる非スリットタイプに分けられることから、その違いを評価に取り入れた。また、上流域にある貯水ダムである耶馬溪ダムにおいては、水害時に大量の流木を捕捉していたことから、ダムが持つ流木カット効果を定量的に評価することも併せて試みた。

3)白川について

2016年に発生した熊本地震では、白川の上中流で多数の斜面崩壊が起こった。また、地震後の6月に発生した大雨でも同流域内の多数の地点で斜面崩壊が発生した。これらの斜面崩壊に起因していると考えられる流木の発生が白川の中下流と河口域・海岸で多数確認された。そこで、地震と大雨という複合的な要因により流木災害リスクがどのような影響を受けたかを評価することを試みた。適用した手法は花月川・山国川と同様である。地震により実際に崩壊した斜面の特定は、WEB上で公開されている、航空写真から評価された崩壊地情報をGIS上に整理することで、流木発生量(ここでは、流木発生ポテンシャルと同義)を評価した。

4)球磨川について

球磨川においては、JRが所有する古い鉄橋が存在し、従来、流木リスクが懸念されていた。そこで、同流域に本研究で開発した流木災害リスク評価法を適用することを試みた。

しかしながら、同流域は九州内の一級河川でも非常に大きな流域面積を有しており、データを整理する作業量が膨大になると予想された。そこで、レーザープロファイラー(LP)データを活用して、森林の樹種や材積量を評価できる手法を新たに開発することを試みた。特に、通常は新たに取得が必要な4点/m²の高密度LPデータと、広くデータが存在している1点/m²の低密度LPデータによる評価精度比較を行い、既存低密度データの適用性を考察した。

4. 研究成果

3章で示した4河川において、それぞれ以下に示す成果が得られた。

1)花月川について

大規模豪雨災害に伴い発生することの多い流木災害について、可能最大流木発生量に相当する流木発生ポテンシャルの評価法を確立した。本評価法に基づき、花月川流域を対象とした流木発生ポテンシャルと、流域内の全橋梁における相対的流木災害リスクを評価した。その結果、橋梁の形状と流木発生源の両方の情報を加味した評価が可能になり、橋梁の改修や新規建設に伴う集積傾向の変化を評価できることが示された。花月川において危険と評価された橋梁では、実際に2012年水害で流木災害が発生したものがあり、本評価手法の有効性が示された。また、特に氾濫の助長が起きた夕田橋については、架け替えが計画されたことから、架け替え後の夕田橋下流での流木災害リスクの変化についても評価することができた。

また、降雨強度の変化の影響を組み込めるように地質の条件を利用するモデルの改良を行った。温暖化の進行に伴い降雨量が増大することを見込んで影響評価を試みた結果、降雨量が1.3倍程度の増量であるのに対して、流木リスクは2倍程度に増加すると評価された。

2)山国川について

平成24年の九州北部豪雨で被災した山国川流域を対象に、全橋梁における相対的流木災害リスク、流木被害を受けて撤去される橋梁によるリスクの変動、貯水ダムのリスク低減効果、ならびに砂防ダムのリスク低減効果などを、開発された流域全体の流木発生ポテンシャルと橋梁位置での相対的流木災害リスクの評価法を適用して評価した。

その結果、歴史的な石橋群の流木災害リスクが相対的に高いこと、橋梁撤去がもたらす下流への流木災害リスクの伝播が石橋に集中する状況、耶馬溪ダムにおける流木カット効果が14%程度であること、ならびに砂防ダムが流木捕捉率2~3割程度で流域全体へのリスク低減に十分寄与できることなどが明らかとなった。

3)白川について

白川流域において既存の評価法を用いて流木発生ポテンシャルの評価を行い、各橋梁の相対的な流木捕捉量を評価した。各橋梁の流木捕捉量の評価結果より、大規模斜面崩壊が発生した立野地点より下流の本川では支川である黒川と合流するため流木発生ポテンシャルが大きくなり、捕捉量が大きく評価された。相対的な集積量が大きく評価された橋梁では、2016年10月の現地調査において、出水と地震のいずれか、または両方に起因するとみられる流木が実際に捕捉されていたことを確認しているため、流木集積の傾向性については正しく評価ができていないと判断された。

次に、地震による崩壊箇所のみから発生したと考えた流木発生ポテンシャルを評価したところ、崩壊箇所が立野付近に集中しているため、相対的に立野より下流に位置する橋梁位置で流木発生ポテンシャルが大きくなっていった。また、地震後の崩壊箇所からの最下流位置での流木発生ポテンシャルは202.14 m³であった。さらに、地震の影響のみと考えられる流木供給箇所からの流木発生ポテンシャルは110.41 m³と見積もられた。地震後の崩壊箇所からの流木発生ポテンシャルのうち、54.6%が地震の影響のみのリスクが占めていることが示された。このことより、地震による流木発生は、豪雨によるものとは発生箇所が異なるため対策の取り方の難しさが理解された。従来豪雨に起因する斜面崩壊に伴う流木集積リスク評価法に、地震のリスクを加える方法を検討する必要がある。ただし、行政機関が地震と2016年6月の出水後に白川の橋梁や有明海沿岸などで撤去した流木の総量が、今回の推定値と大きく異なっていた。これは6月の出水時に新たに崩壊した斜面からの流出、過去の倒木や間伐材の流出、河畔林からの流出などが原因と考えられるため、今後の詳細な調査が必要である。

4)球磨川について

既存の流木災害リスク評価法について、LPデータを利用した改良を行い、大流域への適用を可能にすることができた。球磨川本川中流域へ適用した結果、明治時代に施工された鉄道橋である球磨川第二橋梁について流木災害リスクが最も高いと評価された。この橋梁の周辺の球磨村渡地区は、球磨川の沿川でも特に土地が低い一方で、まとまった集落が存在する地域である。住民の安全・安心を確保するためにも、堤防の高さが一部不足し、橋梁の位置も低い当該地区については、鉄道橋も含めた抜本的な河川改修の検討が必要である。

加えて、対象流域内の流木発生ポテンシャルがLPデータを用いることで、効率的に特定できるようになった。また、広く既存データ存在する低密度LPデータで十分な精度を持つ材積量の評価が可能であることも示さ

れた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

矢野真一郎、土橋将太、富田浩平、堂園俊多、笠間清伸：山国川流域における砂防ダム・貯水ダムの流木災害リスク低減効果と橋梁改修によるリスク変動の検討、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.73, No.4, pp.I_349-I_354, 2017.

堂園俊多、坂井健太、小林侑、仁田原公亮、柏原佳明、青木規、太井正史、大野勝正、土橋将太、矢野真一郎：河川流域の流木災害リスク評価手法の改善と球磨川中流域への適用、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.73, No.4, pp.I_343-I_348, 2017.

Shinichiro Yano, Shota Tsuchihashi, Shunta Dozono and Kiyonobu Kasama: NEW CONCEPT OF POTENTIAL WOODY DEBRIS GENERATION IN HEAVY RAIN EVENTS AND ASSESSMENT OF THE RISK FOR BRIDGE HAZARD, Proc. of 20th APD-IAHR Congress, Colombo, Sri Lanka, 2A005, 6p, 2016.

矢野真一郎、土橋将太、堂園俊多、笠間清伸、北隆範：流木発生ポテンシャルの概念に基づく花月川の橋梁における流木災害リスク評価、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.72, No.4, pp.I_289-I_294, 2016.

〔学会発表〕(計10件)

富田浩平、土橋将太、矢野真一郎、堂園俊多、笠間清伸：山国川上流域における砂防ダムによる流木災害リスクの低減効果評価の試み、平成28年度土木学会西部支部研究発表会、2017年3月4日、佐賀大学(佐賀県)。

竹村大、土橋将太、富田浩平、楊東、矢野真一郎、堂園俊多、笠間清伸：白川流域における流木発生ポテンシャルの評価と各橋梁における集積傾向について、平成28年度土木学会西部支部研究発表会、2017年3月4日、佐賀大学(佐賀県)。

富田浩平、土橋将太、矢野真一郎、堂園俊多、笠間清伸：砂防ダムによる流木災害リスクの低減効果評価の試み、土木学会第71回年次学術講演会、2016年9月9日、東北大学(宮城県)。

土橋将太、富田浩平、矢野真一郎、堂園俊多、笠間清伸：山国川流域を対象とした橋梁への流木集積リスクの評価、土木学会第71回年次学術講演会、2016年9月9日、東北大学(宮城県)。

富田浩平、土橋将太、矢野真一郎、堂園俊多、笠間清伸：山国川上流域における流木発生ポテンシャルの評価と石橋群などの橋梁における集積傾向について、平成27年度土木学会西部支部研究発表会、2016年3月6日、九州産業大学(福岡県)。

土橋将太，矢野真一郎，堂園俊多，笠間清伸：流木発生ポテンシャルの提案と花月川流域における評価，平成 27 年度土木学会西部支部研究発表会，2016 年 3 月 6 日，九州産業大学（福岡県）。

土橋将太，矢野真一郎，堂園俊多，笠間清伸：流木発生ポテンシャルに基づく花月川流域における橋梁の相対的流木リスク評価の試み，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015 年 9 月 16 日，岡山大学（岡山県）。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

矢野 真一郎 (Shinichiro Yano)

九州大学大学院工学研究院・教授

研究者番号：80274489

(2)研究分担者

笠間 清伸 (Kiyonobu Kasama)

九州大学大学院工学研究院・准教授

研究者番号：10315111