

機関番号：16101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760387

研究課題名 (和文) 斜面崩壊危険性を考慮した森林流域の洪水低減機能評価手法の構築

研究課題名 (英文) Development of flood decrease function estimation method considering dangerous collapse of slope in mountain forested basin

研究代表者

田村 隆雄 (TAMURA TAKAO)

徳島大学・大学院リソテックサイエンス研究部・准教授

研究者番号：40280466

研究成果の概要 (和文)：

吉野川流域および那賀川流域の森林流域を対象に大雨時の洪水低減機能と斜面崩壊危険性の関係について考察した。特に那賀川流域について日雨量の日本記録 (当時) を更新した昭和51年台風17号や平成16年台風10号等を対象に行った流出解析から、流域の貯水能が最大になっても直ちに斜面崩壊が発生していなかったと推測され、洪水低減機能 (貯水能) の大きさが斜面崩壊危険性の増大に直接繋がることはないこと、地中水量よりも直前の降雨強度がより大きな影響を与えているという推論を得た。

研究成果の概要 (英文) : The following inferences were obtained. It is not thought that the potential capacity of the flood decrease function of the forest causes the slope failure of the mountainous district to be caused directly. It causes the amount of accumulation rainfall and the rainfall intensity immediately before cause the slope failure.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：水工学

キーワード：水文学, 洪水, 斜面崩壊, 森林, 洪水低減機能, 貯水能

1. 研究開始当初の背景

森林の洪水低減機能 (貯水能) の研究は、様々な研究機関で実施されてきており、具体的な数値も報告されている。しかしその大半は“どれだけ雨水を貯めることができるか”という単一の視点からの評価であると考えられる。日本の森林が形成されている山地の大部分は地質的に脆く、地形的に急峻である。ゆえに大雨となった場合、浸透・貯留能の高い森林斜面によって洪水の危険性は幾分軽減されても、貯留された雨水に働く重力が誘因

となって起こる斜面崩壊の発生は逆に高くなる可能性がある。そして斜面崩壊で発生した土砂は、洪水後長期間にわたり利水・治水の両面で悪影響を及ぼすことが想像できる。このように森林災害という広い視点に立った場合、森林の洪水低減機能は、単体で評価すべきではなく、土砂流出防止機能や斜面崩壊防止機能といった他の防災機能とのバランスを考慮して評価されるべきである。つまり、“どれだけ『安全に』水を貯留できるか”という視点に立った洪水低減機能の評価手

法が必要であると考えた。

2. 研究の目的

(1) 森林斜面の最大貯留高と表層地質の脆弱さ（地滑り地形など）の関連性の考察

“地滑り地が多数存在する森林では最大貯留高が大きい”の検証である。対象流域は吉野川流域と那賀川流域である。吉野川流域には、祖谷川の他に、貞光川、穴吹川という地滑り地を多数抱える未検討の流域や、鉾山開発によって山腹斜面が荒廃した銅山川流域が存在する。また那賀川流域は複数の地層が混在する複雑な地質構造であり、地滑り地も存在するという特徴がある。実作業としては、まず、これらの流域に、斜面部サブモデルとして地表面流分離直列2段タンクモデルを組み込んだ分布型雨水流出モデルを適用し、平成16年台風10号以前の水文データを用いて、モデルパラメータ同定を行う。続いて代表的な降雨波形を全斜面に一律に与えて、モデルで算出される流域最大貯留高を比較する。最後に、地滑り地を抱える森林では最大貯留高が大きいという傾向が貞光川流域や穴吹川流域でも現れるか、複雑な地質構造を示す那賀川流域ではどのような特徴が現れるかについて、例えば、流域内の地滑り地面積率から考察する。

(2) 平成16年台風10号大雨時の那賀川流域の森林斜面における貯留量の推定

“どれだけ安全に水を貯めることができるか”の考察である。具体的には(1)で決定された那賀川流域モデルに、大規模な斜面崩壊が発生した平成16年台風10号時の実降雨データを与えて、2種類の流域最大貯留高を推定する。1つは降雨開始時から終了時まで通常の流出シミュレーションを行った場合に得られる最大貯留高（以下、可能貯留高と記す）である。これは従来からの貯留能評価に用いられる値である。2つめは斜面崩壊時刻における貯留高（以下、安全貯留高と称す）である。斜面崩壊は豪雨中に発生したことから、安全貯留高は可能貯留高より小さい可能性がある。両者の比を評価して森林斜面が安全に貯めることのできる水量について具体的に検討する。

(3) 森林の洪水低減機能の有効性と限界に関する考察

“どれだけの規模の大雨に対してまで、森林斜面は安全に雨水を貯めることができるのか”の考察である。具体的には(2)から可能貯留高と安全貯留高の関係について情報が得られるので、これを(1)で構築した各流域の流出モデルに適用し、吉野川・那賀川流域の全斜面について、斜面崩壊が発生しないような雨量規模、降雨波形について推定する。

3. 研究の方法

吉野川と那賀川の両流域で観測された平成16年台風10号、23号等に関する水文資料と災害記録に、分布型雨水流出モデル（斜面モデル：地表面流分離直列2段タンクモデル、河道モデル：修正マスキングム-クンジ法）を適用する。地滑り地形情報とモデルで算出される流域貯留高をもとに、安全性に着目した森林斜面の洪水低減機能の評価手法を構築する。

(1)平成21年度は、吉野川流域と那賀川流域に含まれる合計7つの流域について分布型流出モデルを構築し、典型的な降雨波形を一律に与え、各流域の最大貯留量を比較評価し、地滑り地形等の表層地質が森林斜面の貯留能に与える影響について基礎的な知見を得る。

①吉野川流域と那賀川流域を対象とした流出モデルの準備

吉野川池田ダム地点より上流に位置する4つの森林流域（祖谷川、銅山川、穴内川、早明浦ダム上流）に関する基礎的な考察を終えているので、本研究では池田ダム下流側に位置する貞光川と穴吹川を対象としたモデルを新規に構築する。これと併せて那賀川流域（長安口ダム上流）を対象とした分布型流出モデルの構築も行う。これにより地滑り地を多数抱える流域モデルを複数用意することができ、地滑り地が森林斜面の貯留能に及ぼす影響を詳細に考察するための準備が整う。

流出モデルと流域最大貯留高

流出モデルとしては斜面部モデルに“地表面流分離直列2段タンクモデル”を組み込んだ分布型雨水流出モデルを使用する。流域貯留高とは、このタンクモデルで計算時間単位（通常1時間）毎に計算される地下水貯留高、土壌水分貯留高、表層貯留高の和である。流域最大貯留高とは、流域貯留高について、洪水期間中の最大値から洪水開始時の値（初期値）を引いた値である。

②モデルパラメータ同定と地滑り地形情報の抽出

各流域を表現するモデルパラメータの同定作業は、吉野川流域、那賀川流域ともに平成15年以前に観測された複数の大雨イベントの雨量・流量データを使用して実施する。地滑り地に関する資料は、(独)防災科学技術研究所防災システム研究センターが提供する地滑り地形分布図データベースを利用し、斜面毎に地滑り地形が占める面積率（地滑り地形面積率）を算出する。

③地滑り地形分布図の利用

地滑り地を含む斜面は斜面崩壊が発生しやすいと考える。使用する地滑り地形分布図データは全国をカバーしており、評価手法の他流域への応用も容易であると考えられる。

④同じ降雨波形を各森林斜面に与えた場合

の流域最大貯留高と地滑り地形等の関連性の考察

パラメータ同定を終えた各流域の分布型雨水流出モデルの斜面（地表面流分離直列2段タンクモデル）に、例えば早明浦ダム地点における平成16年台風23号降雨のような典型的な降雨を一律に与えて、各斜面の流域最大貯留高を算出し、地滑り地形面積率との関連性を考察する。地滑り地形だけでなく、例えば地質（堆積岩、変成岩）の点からも考察して、客観的な評価を行う。

(2)平成22年度は平成16年台風10号、23号時に観測された雨量に、構築した分布型流出モデルを適用して、洪水当時の森林斜面中の貯水量を推定する。そして斜面崩壊が発生する貯水量、斜面崩壊の発生を免れることのできる雨量、降雨波形等について考察し、“森林斜面が安全に水を貯留できる量”、及びその評価手法等について知見を得る。

①平成16年台風10号通過時の斜面崩壊発生時における森林斜面中の貯留高の推定

那賀川流域を対象とした分布型雨水流出モデルを平成16年台風10号通過時に観測された豪雨データに適用する。そして、①斜面崩壊が発生しないと仮定した場合の流域最大貯留高（可能貯留高）、②斜面崩壊が発生した時刻の流域貯留高（安全貯留高）を推定し、両者を比較する。森林斜面の貯留能が十分に発揮できなかった場合、言い換えれば貯留能が限界に達する前に斜面崩壊が発生した場合には、その理由を地表面流分離直列2段タンクモデルで推定される地下水貯留高、土壌水分貯留高、及び表層貯留高の値やそれらの構成比、現地の地質および岩石の強度などの資料から、洪水低減機能（貯水能）の有効性について検討する。

②平成16年台風10号豪雨の特徴と斜面崩壊時刻等

平成16年台風10号とその後の湿舌に伴う大雨では、那賀川流域の海川地点で日雨量1317mm（日本記録）が観測され、122mm/hrの最大降雨強度、50mm/hr超の雨量が連続9時間も観測されるなど記録的な豪雨となった。また斜面崩壊時刻や地質、岩石強度に関する資料は、平成16年台風災害に関する学術調査（平成16年台風災害徳島大学学術調査団）を参考にする。このような豪雨記録にモデルを適用することで、斜面崩壊の危険性を考慮した森林の洪水低減機能の限界について、従来にない評価を行うことができると考える。

③平成16年台風10号、23号通過時の吉野川流域と那賀川流域全域を対象とした貯留高の考察

平成16年台風10号、23号通過時の実降雨データを吉野川流域モデル、那賀川流域モデルに適用して、全ての斜面について、雨水貯留高と斜面崩壊の危険性について考察し、大

雨時に斜面崩壊の危険性が高い森林斜面の特徴（例えば地滑り地形面積率、地質特性）について知見を得る。

④吉野川流域と那賀川流域の洪水低減機能が安全に発揮される雨量や降雨波形に関する考察

4. 研究成果

(1)平成21年度は、吉野川流域と那賀川流域について分布型流出モデルを構築し、既往の洪水イベントの水文情報を与えて、各流域の最大貯留量を比較評価し、地滑り地形等の表層地質が森林斜面の貯留能に与える影響について基礎的な考察を行った。

具体的な成果の1つとしては、那賀川上流域で記録的な豪雨（日本記録）と大規模斜面崩壊を記録した平成16年台風10号に伴う豪雨イベントに分布型流出モデルを適用して流出解析を行った。タンクモデルで推定される洪水期間中の斜面貯留水高の情報をもとに、斜面崩壊に対する斜面中の貯留水の影響について考察を加えた。その結果、以下のような知見を得ることができた。那賀川上流域で大規模斜面崩壊が発生した大用知、阿津江周辺の森林斜面の雨水貯留高の最大値は約80mmであると推定された。大用知、阿津江周辺の森林斜面の雨水貯留量最大値が発現するまでの降雨開始からの累積雨量は約200mmであると推定された。大用知の斜面崩壊は、斜面中の貯留水が直接引き起こしたのではなく、約30時間の長時間にわたり雨水貯留高が最大値で継続したことや、その間に50mm/hrを超える強い降雨が数時間もたらされたことが主な原因だと推察された。大用知、阿津江周辺の斜面は、比較的浅い土壌層で多量の雨水を貯留する特徴を有していると推察され、それが崩壊深さの浅い大規模な斜面崩壊の発生の一因になったと考えられた。(5)異なる岩質の混在や断層の存在という地質的要因が森林斜面の雨水貯留能（どの層がその斜面の貯留能を担うか）に関与していることが示唆された。

(2)平成22年度は那賀川上流域や佐用川上流域を対象にして、昨年度構築した分布型流出モデルを適用して、洪水時の森林斜面中の貯水量を推定した。そして斜面崩壊が発生する貯水量、斜面崩壊の発生を免れることのできる雨量等について考察し、“森林斜面が安全に水を貯留できる量”について知見を得た。

①平成16年台風10号、昭和51年台風17号通過時の斜面崩壊発生に関する知見

那賀川流域を対象とした分布型雨水流出モデルを平成16年台風10号、昭和51年台風17号通過時に観測された豪雨データに適用した。その結果12時間雨量が400mmを超えるような

場合に斜面崩壊が発生しやすくなることが推測された。

②平成16年台風23号通過時の吉野川流域を対象とした貯留高や流出特性の考察

平成16年台風23号通過時の実降雨データを吉野川流域モデルに適用して、全ての斜面について、雨水貯留高と斜面崩壊の危険性について考察し、大雨時に斜面崩壊の危険性が高い森林斜面の流出特性について知見を得た。特異な土地利用形態および利用履歴を有する銅山川富郷ダム流域（別子銅山跡、皆伐一植栽）、吉野川早明浦ダム流域（地滑り地－棚田地帯、大規模砂防地帯）、および祖谷川流域（地滑り地）について考察した。その結果、植林時期が早い斜面ほど雨水貯水量が大きい（富郷ダム流域）ことや、棚田地帯の貯水量は大きいことが、その主要因は地質（地滑り地）にあること（地藏寺流域）等が分かった。

③平成21年佐用川洪水における森林流域の貯水能の考察

大洪水となった平成21年佐用洪水についてそのメカニズムを考察した。その結果、佐用川流域の貯水能は極めて小さいこと。その原因は過去の土地利用（森林伐採、焼畑）にあること等が推測された。

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2件）

①田村 隆雄，中内 章浩，小川 健一郎：平成21年9月佐用水害の洪水ピーク流量の推定と流出特性に関する考察，水工学論文集，第55巻，pp.559～564，2011，査読有。

②田村隆雄，岡部健士，江尻雄三郎，新名祐輔，小河健一郎，大規模斜面崩壊が発生した豪雨時における森林斜面の貯水高に関する考察，水工学論文集，第54巻，pp.511～516，2010，査読有。

〔学会発表〕（計3件）

①田村隆雄，雨量・水位データを用いた平成21年台風9号豪雨における佐用川の hidro グラフの推定と流出特性に関する考察，2010年水文・水資源学会，2010年9月8日，東京。

②田村隆雄，平成16年台風10号に伴う豪雨で発生した那賀川上流域の大規模斜面崩壊に関する水文学的考察，平成22年度土木学会年次学術講演会，2010年9月1日，札幌

③田村隆雄，記録的な大雨時における森林の洪水低減機能の効果に関する考察，平成21年度土木学会全国大会，2009年9月2日，福岡。

6. 研究組織

(1)研究代表者

田村 隆雄 (TAMURA TAKAO)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス

研究部・准教授

研究者番号：40280466

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号