

令和元年6月15日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06512

研究課題名(和文) 地域林業再生を視野に入れた森林の洪水低減機能の向上と限界の定量的評価

研究課題名(英文) Improvement and limit of the flood reduction function of forest basin considered local forestry revival

研究代表者

田村 隆雄 (TAMURA, Takao)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授

研究者番号：40280466

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：一級水系・那賀川にある特色ある橋本林業林地(針広混交複層林、択伐式施業)を対象とした水文観測・流出解析を行い、その洪水低減機能の定量的評価、および那賀川上流域の森林改変による洪水低減機能の向上について検討した。

研究の結果、橋本林業林地の遮断蒸発率は20%と一般的な林地のそれと同等であったが、近隣の森林より洪水低減機能にやや優れると推察された。その理由は表層土壌層厚と地表面抵抗の大きさにあると考えられ、林相が反映されたものだと考えられた。長安口ダム上流域の針葉樹林を橋本林業式に改変した流出シミュレーションから2014年台風11号洪水の場合、ピーク流量を7%低減することができると推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後の林業のモデルケースと見なされ、針広混交複層林・択伐式林業が営まれている橋本林業林地の洪水低減機能を水文観測と流出解析によって定量的に評価することができた。これはグリーンインフラとして注目されている森林を活用した流域治水を考える上で貴重な知見となる。また森林には木材生産や洪水低減機能など数多くの公益的機能があるが、その総合評価にも寄与できる。さらに地域林業という観点からは橋本氏のように積極的に取り組む林業家のモチベーションともなりうると思う。

研究成果の概要(英文)：Hydrological measurement and run-off analysis were performed by Hashimoto forestry area (needle wide mixture multistratal forest). Flood reduction function of the forestry area was evaluated quantitatively and it was studied about improvement and limit of the flood reduced function in Nakagawa upstream forested region.

The rainfall insulation rate of the Hashimoto forestry area was 20%. A model guessed the flood reduced function to be bigger little than that in other forestry. The thickness of the surface ground layer and the size of the ground surface resistance are its cause. Needle wide mixture woods influence that. The outflow simulation which altered a coniferous forest in the Nagayasukuchi dam upstream region using the Hashimoto forestry system was calculated. The flood case of typhoon 201411, a model estimated that it was possible to reduce the peak flood 7%.

研究分野：水文学

キーワード：森林 洪水低減機能 林業 流域治水 流出解析 グリーンインフラ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

徳島県を流れる一級水系・那賀川の上流には、洪水調節機能を有するダムとして長安口ダムが存在するが、その洪水処理能力は流域の降水量や流域面積に比べると小さいため、下流域では度々床上・床下浸水が多数発生している。特に平成26年、27年は続けて過去最大級の洪水が発生した。人命こそ失われなかったものの、甚大な浸水被害が発生したために、ダムの存在意義やその洪水処理方法を疑問視するような意見が流域住民から寄せられた。住民意見の中には、森林の洪水低減機能を高めることが重要ではないかといった意見も出た。

森林の洪水低減機能には限界が認められるものの、那賀川上流域のような流域降水量に対して洪水調節容量が小さなダムしかないような流域では無視できず、特に荒廃が進んだ場合の機能低下とそれによる出水規模と被害の拡大は懸念される事項であると考えた。

2. 研究の目的

山地森林流域の洪水低減機能の向上と限界について、地域林業の再生も視野に入れた分布型流出モデルによる定量的評価を実施する。そして流域的視点に立った、学術・産業・行政横断型の総合的な流域水管理、洪水対策の立案に資することを目的とする。具体的には森林管理・施業形態が異なる複数の森林流域を対象にして水文量観測と流出解析を実施し、森林施業法が雨水流出機構に与える影響を定量的に評価し、地域住民からの要望が強い地域林業を視野に入れた流域の洪水対策の議論に寄与することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

研究は、水文観測、流出解析、流出シミュレーションの3段階で構成された。

まず水文観測について述べる。地域林業を視野に入れた流域の洪水対策に資する研究を実施するには、森林施業法に特徴があり、今後の林業のモデルとなるような森林小流域を対象に水文観測を行う必要がある。そこで本研究では「木頭杉」として有名なスギ人工林が広がる一級水系・那賀川上流域で営まれている橋本林業地に注目する。本林地ではスギ・ヒノキの一斉植林・皆伐という従来型形態ではなく、山地の広葉樹を残しながらスギ・ヒノキ林を育成して時節に応じた材を出荷する、という択伐式林業が営まれている。2016年には内閣総理大臣賞と農林水産大臣賞をダブル受賞し、自伐型林業の見本として現在注目されている。林地は様々な樹齢・樹高のスギ・ヒノキやモミ・ケヤキ等が混在する複層混交林となっており、生態系の観点からも質の高い人工林となっている。この林地を今後の林業モデルとして、林地内に雨量計、水位計を設置し、流出解析およびその考察に必要な水文基礎データを収集した。

次に流出解析について述べる。森林小流域で得られた水文量に流出モデルを適用した。使用するモデルは「降雨遮断モデル」と「地表面流分離直列2段タンクモデル」である。流出解析の結果(モデルパラメータ値)と現地観測から得られる樹種、樹冠密度、樹木密度、表層土壌層の特徴(層厚や間隙率)等のデータから、森林管理・施業条件が雨水流出機構に与える影響について基礎的なデータを得た。そして一級水系・吉野川(一般的なスギ・ヒノキ人工林)や岩木川(ブナ天然広葉樹林)を扱った過去の研究成果と比較して、橋本林業地の洪水低減機能の特徴を明らかにした。

最後に流出シミュレーションについて述べる。「降雨遮断モデル」と「地表面流分離直列2段タンクモデル」を基礎にした那賀川上流域の分布型流出モデルに、橋本林地の解析で得られたモデルパラメータを適用して、洪水低減機能の現状評価、および洪水流量の低減を目指した森林整備(自伐林業を拡大した場合等)の流出シミュレーションを実施し、森林の洪水低減機能の向上と限界について定量的な知見を得た。

4. 研究成果

(1) 橋本林業地の雨水流出モデルの完成

針広混交複層林の雨水流出機構を表現する「地表面流分離直列2段タンクモデル」(図1)を構築した。2017年8月6日~9日の降雨イベントの渓流水位ハイドログラフの再現性は図2の通りであり、洪水ピーク水位等、良好な再現性を得られるモデルを構築することができた。

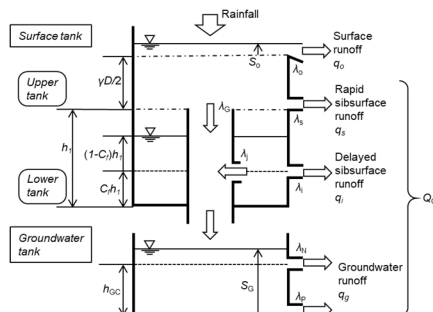


図1 地表面流分離直列2段タンクモデル

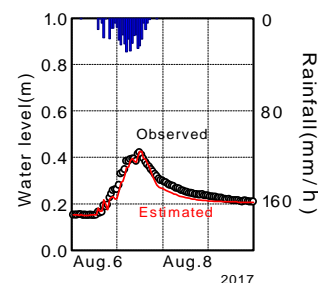


図2 水位ハイドログラフの再現性

(2) 橋本林業地の遮断蒸発量と洪水低減機能の定量評価

林業地内の単木（3箇所）を対象とした樹冠通過雨量の観測から、橋本林業地の遮断蒸発率は30%程度と見積もられた。また徳島大学・鎌田磨人教授らが行った樹冠投影面積の測定結果を踏まえた林業地の平均的な遮断蒸発率は20%と推定された。なお遮断蒸発量とは、林外雨量から樹冠通過雨量を差し引いて求められる雨量であって、現象的には樹冠表面上に貯留される雨水量や、雨滴が枝葉に当たった衝撃によって微細な粒子となって大気に還元されて地表に到達しない雨量であって、洪水流の起源となりうる地表到達雨量の減少に寄与するものである。

他の森林流域との比較を行うために、同一降雨波形（2004年台風23号早明浦ダム雨量観測所データ）を与えた流出シミュレーションを行った（図3）。左は遮断蒸発量を考慮した場合（現状）の洪水ハイドログラフ、右は遮断蒸発量を考慮しない場合（皆伐）の洪水ハイドログラフである。遮断蒸発量を考慮しない方は洪水ピーク流出高が概して大きくなる。橋本林業地（Hashimoto、黒線）の洪水ピーク流出増加率は1.13%に抑えられており、この分が遮断蒸発量による洪水低減機能と推定された。

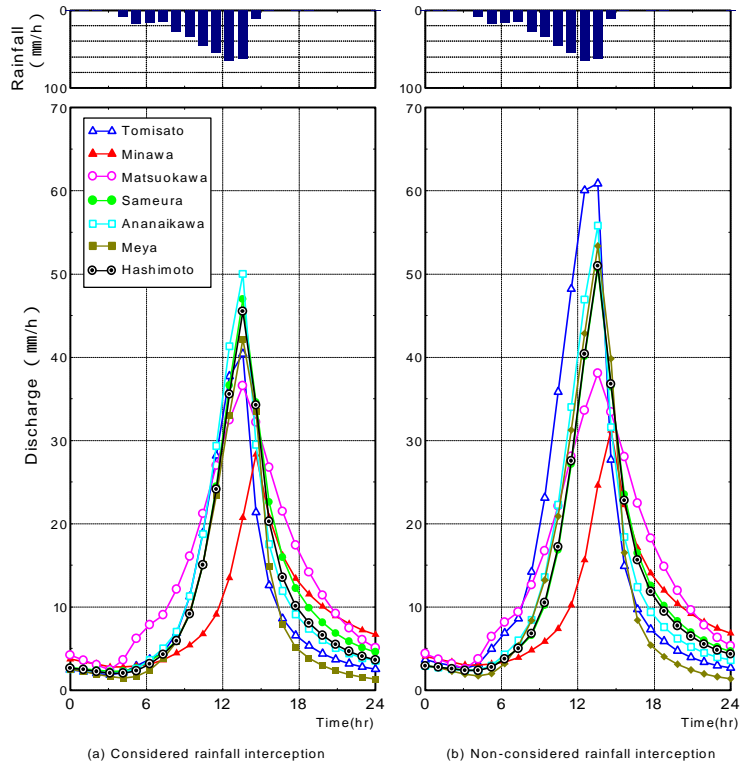


図3 遮断蒸発の有無による洪水ピーク流出高の違い

(3) 橋本林業地の最大地中保水量の定量評価

(2)の流出シミュレーションで得られた最大地中水保水量を評価した（図4）。最大地中水保水量とは、流出シミュレーションにおいて解析開始時刻から洪水ピーク流出時まで地中に蓄えられた雨水量であり、図1に示したタンクモデルでは、地下水タンク（Groundwater tank）、下部タンク（Lower tank）、および上部タンク（Upper tank）の貯留高増分として計算されるものである。橋本林業地の保水量（最右端）を見ると、全体の3番目の保水量であり、下部タンク（土壌B層・C層）の保水能力が高いこと、ほぼ同じ地質の早明浦ダム流域と比較すると、上部タンク（土壌A層）の保水能力が高いことが分かった。

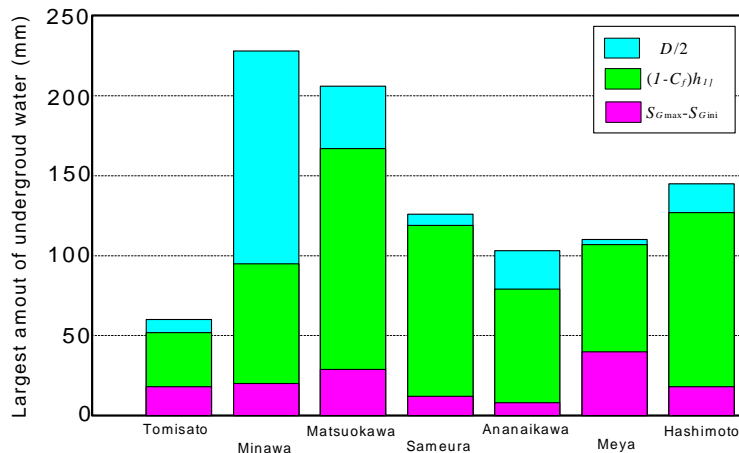


図4 最大地中保水量の比較

(4) 橋本林業地の洪水低減機能に影響する森林環境

洪水流量の大半は土壌に浸透できずに地表に現れて速やかに流下する地表面流である。地表面流が流れにくいほど溪流に到達する地表面流量が増えにくい（斜面上に貯留される）と考えられる。そこで地表面流出量に関わるモデルパラメータから、流域の地表面流の流れにくさについて考察を行った。図5は、橋本林業地を含む7流域の表面流出低減係数 α （図1参照）とそれを規定する森林パラメータ3個（地表面粗度 N 、平均斜面長 L_s 、平均斜面勾配 I_s ）の関連性

を示したものである。これを見ると、低減係数の逆数である $1/\sigma^{1/3}$ は地表粗度 N との相関が高いことが左端の図から読み取れ、橋本林業林地の地表は地表流が流れにくい状態である。具体的には、橋本林業林地は高度な複層林で低木が生い茂っていたり、広葉樹が混じるために落葉落枝量も豊富であるため、抵抗が大きくなっていると思われる。また幅 2m 程度の作業道が高密度に整備されていることから、これが一種の段差工のような役割を果たし、地表流の流下しにくさに貢献している可能性がある。林業地内の作業道や林道は集水機能があって、斜面崩壊の原因となるという指摘があるが、橋本林業地の作業道は雨水を分散させるように設計・施工されている。

図5において橋本林業林地のみ、他と外れた箇所にプロットされているが、これは橋本林業林地の平均斜面長 L_s が他の流域のそれと比較して極めて小さい事（1 オーダー小さい）に直接的な原因がある。地表流低減係数 σ 、地表粗度 N 等の関係は参考文献 に詳しい。

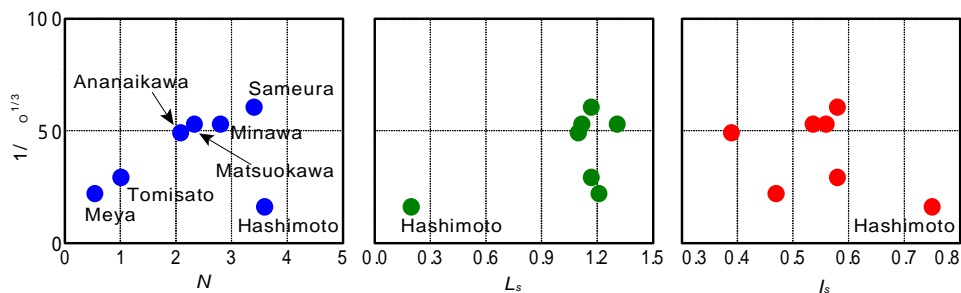


図5 地表流の流れにくさと森林パラメータの関係

(5) 那賀川上流域の林地を橋本林業式で整備した場合の洪水低減機能

長安口ダム上流域の林地を橋本林業林地のように針広混交複層林として整備した場合の洪水流量について、分布型流出モデルを用いたシミュレーションを行った。整備シナリオとしては、既存のスギ・ヒノキ林を対象とした適切な間伐・枝打ちの実施、広葉樹の育成、低層林の創出、作業道の整備である。まず既存の洪水イベント（2014年台風11号）を対象に、洪水流量ハイドログラフを再現できる分布型流出モデルのパラメータを決定した。次にそのモデルの地表粗度と遮断蒸発率を橋本林業林地モデルのそれに置き換えて再度流出計算を行った。森林改変を行うと土壌層厚増加による保水能強化が期待できるが、その発現には数十年から数百年の時間がかかるため考慮しなかった。その結果、長安口ダム上流の針葉樹林を全て橋本林業式にした場合、2014年台風11号のピーク流量（長安口ダム最大流入量、 $5500\text{m}^3/\text{s}$ ）は7%程度（ $400\text{m}^3/\text{s}$ ）しか減少せず、森林の洪水低減機能の限界が明らかになった。ただし森林の洪水低減機能を無視したり、軽視しても良いということではないことを付記しておく。

< 引用文献 >

田村隆雄，端野道夫，穴水秀樹，荒木隆夫，吉野川池田ダム上流の森林流域の洪水低減機能に関する定量的評価，水工学論文集，52，379-384，2008年。

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。