

平成22年 5月28日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間： 2007～2009
 課題番号： 19580161
 研究課題名 (和文) 立地及び施業条件による森林植生の違いが土砂生産特性に与える影響について
 研究課題名 (英文) Estimation of the effects of different forest managements on the characteristics of sediment yield in a mountainous area
 研究代表者
 執印 康裕 (SHUIN YASUHIRO)
 宇都宮大学・農学部・准教授
 研究者番号：60221305

研究成果の概要 (和文) : 宇都宮大学船生演習林を対象として、分布型表層崩壊モデルによる樹木根系の崩壊防止機能の定量的評価を行った。対象演習林の総面積は約 530ha であり、その内およそ 320ha がヒノキ人工林である。1998 年の 8 月末の豪雨によって演習林内のヒノキ人工林を中心に表層崩壊が発生している。ヒノキ人工林全体の林齢面積頻度分布と比較して、山腹崩壊が発生した林齢面積頻度分布は若齢林にシフトしていた。この対応関係を説明することを目的として林齢-粘着力関係を考慮した分布型表層崩壊モデルによる検討を行った結果、根系の補強効果を考慮した粘着力の値はおよそ 5.3 kPa から 7.6 kPa の範囲にあり、ヒノキ人工林の表層崩壊防止機能は林齢 20 年前後で最小になることが示された。

研究成果の概要 (英文) : In order to evaluate soil reinforcement by tree root system in wide area, we applied a distributed shallow landslide model to Utsunomiya University forest at Funyu. Total area is 530 ha, and 320 ha is a artificial forest of Hinoki Cypress, where the shallow landslides occurred by the heavy rainfall at the end of August 1998. The area frequency distribution to stand age was shifted to young stand age. We carried out the back calculation based on the relation between the actual area of shallow landslides and stand age with distributed shallow landslides model. Result of back calculation was showed as the relation between stand age and soil cohesion and the range of soil cohesion (including root system) was approximately between 5.3 to 7.6 kPa, and the minimum value at 20 years stand age.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：砂防工学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：ヒノキ, 林齢, 表層崩壊, 森林施業

1. 研究開始当初の背景

既往研究において人工林の伐採・新規植栽の施業による樹木根系の土質強度補強効果の周期的な経年変化が、表層崩壊発生の周期に影響を与えることが指摘されている。土質強度補強効果を定量的に評価する手法として、現場でのせん断試験や根系の引き抜き試験等が数多く実施されてきたが、人工林を代表とする同一樹種内においても林分構造は多様であるため、広域の評価に耐えうるだけの情報量を取得するには極めて困難であるのが現状である。以上のような背景のもとに研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は森林施業による林分構造の経年的な空間分布変化が、流域の土砂生産に与える影響を、出来るだけ簡便な手法を用いて定量的かつ解析的に評価する手法を開発することにあるが、その第一歩として林齢による違いが、表層崩壊発生に与える影響について数 100ha スケールの空間領域で評価することを、その目的とした。

3. 研究の方法

(1) 解析対象地として、宇都宮大学農学部船生演習林のヒノキ人工林を設定した。本演習林は、高原山系に連なる南北に走る細長い山塊の西斜面に位置しており（およそ北緯 36 度 45 分 - 48 分、東経 139 度 47 分 - 50 分）、標高は 260 - 600 m の範囲にある。年平均気温は約 12 °C、年平均降水量はおおよそ 1700 mm である。1 月から 3 月にかけて降雪があるが積雪量は少なく、降水量の大部分が降雨によるものである。演習林の総面積はおおよそ 531 ha であるが、人工林の主要樹種としてはヒノキ林が約 320 ha を占めている。1998 年の 8 月末の台風 4 号による集中豪雨によって演習林内 36 箇所の地点で表層崩壊が確認されている。表層崩壊の大半はヒノキ林を中心として発生していることから、解析対象地として演習林内のヒノキ林を抽出したものである。

(2) 解析手順として、手順 1：1998 年 8 月の台風 4 号による豪雨によって発生したヒノキ林における表層崩壊地の林齢分布の検討、手順 2：分布型表層崩壊モデルを用いた林齢分布の検討手順 3：モデルによる林齢 - 土質強度関係の検討、以上の 3 手順をとった。

(3) 解析モデルとして、分布型表層崩壊モデルを用いた。分布型表層崩壊モデルは、解析対象域内を各グリッドに区分し、各グリッドに対応する植生や傾斜、集水面積等の情報を考慮することで、表層崩壊発生の空間的な評価が可能なモデルである。モデルの適用にあたっては、数値標高地図の存在が前提となるが、演習林においては 10 m グリッドの数値標高地図が整備されており、これを使用した。

また同数値地図に対応した森林簿の電子情報データ、及び 1998 年の台風 4 号による豪雨によって発生した崩壊地のグリッドの位置データが整備されており、以上の 3 種類のデータを本解析に使用した。

(4) 解析モデル定常型モデルによる分布型表層崩壊モデルを使用した。表層崩壊のモデル判定にあたっては、無限長斜面による以下の安定解析式を採用した。

$$F = \frac{(\gamma Z - \gamma_w h) \cos^2 \alpha \tan \phi + C + \Delta C}{\gamma Z \cos \alpha \sin \alpha}$$

但し F：安全率、

γ ：土の湿潤単位体積重量（kN/m³）、

γ_w ：水の単位体積重量（kN/m³）、

α ：基盤層勾配（degree）、

Z：表層土層厚さ（m）、

h：基盤層からの地下水位（m）、

ϕ ：土の内部摩擦角（degree）、

C：土の粘着力（kPa）、

ΔC ：樹木根系による粘着力増分（kPa）

流域内の任意のグリッドセルにおける斜面安全率の計算に必要な地下水位 h の算出については以下の式を用いて算出した。

$$h = \frac{R}{k \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{A}{b}$$

但し R：降雨強度（m/hr）、

k：飽和透水係数（m/hr）

A：任意グリッドセルの集水面積（m²）、

b：グリッドセルの幅（m）である。

なお上式において地下水位が土層厚 Z を上回る場合には土層厚 Z を地下水位として与えた。

(5) モデル計算で設定したパラメータ諸量を以下の表に示す。

計算設定諸元	設定値
水の単位体積重量： γ_w (kN/m ³)	9.81
湿潤土の単位体積重量： γ (kN/m ³)	17.66
降雨強度：R (m/hr)	0.05
飽和透水係数：k (m/hr)	1.8
表層土層厚：Z (m)	1.0
土の内部摩擦角： ϕ (degree)	30.0
粘着力：C + ΔC (kPa)	5.0-8.0

降雨強度については、0.05 m/hr を、飽和透水係数については、本モデルが、流域が十分に湿潤状態にあることを仮定していることから、1.8 m/hr とかなり大きめの値を設定した。表層土層厚は、現地調査の結果、1998 年 8 月において発生した崩壊は表層崩壊であり、崩壊深が 1m 前後であったことから、1.0 m を与えている。土の内部摩擦角については、表層土層を対象とした既往研究を参考に平均的な値 30.0 度を設定している。粘着力については、およそ 5-8 kPa の間で変化させて

検討を行った。

4. 研究成果

(1) 図-1 に、ヒノキの林齢-面積分布及び1998年8月末の台風4号によってヒノキ林内に発生した林齢-崩壊面積分布を示す。図-1から分かるように、ヒノキ林全体の林齢-面積分布のピークはおよそ40年にあるのに対して、崩壊が発生した林齢のピークはおよそ20年と、若齢林側にシフトしていることが確認された。なお、ヒノキ林全体の面積は約310haであるのに対して、崩壊発生面積はおよそ3haと崩壊発生率は1%未満であった。既往研究において表層崩壊の発生は、壮齢林と比較して、若齢林で崩壊が発生しやすい傾向にあることが指摘されているが、本結果はこれと対応するものであるといえる。しかしながら、表層崩壊の発生には林齢以外に斜面勾配等の地形条件及び集水条件が大きく影響を与えていることから、図-1の結果のみを用いて、若齢林において崩壊が発生しやすいことを定量的に評価できるものではない。

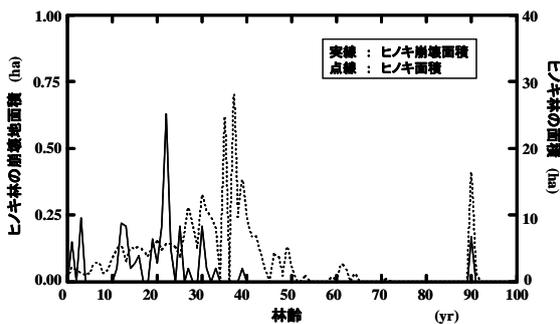


図-1：ヒノキ林齢-面積分布

(2) 図-1の結果を基に、分布型表層崩壊モデルによって地形条件を基準化した上で、林齢-粘着力関係を組み込んだ形の斜面安定解析式を適用し、検討した。具体的には無限長安定解析式の粘着力に関する項目を

$$C + \Delta C = C + \Delta C_{rot} + \Delta C_{rev}$$

但し ΔC_{rot} : 伐採後の根の腐朽による粘着力変化, ΔC_{rev} : 新規植栽後の根の生長による粘着力変化

とおき、林分の林齢構成の変化による ΔC を

$$\Delta C_{rot} = \Delta C_{veg} \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$$

$$\Delta C_{rev} = \frac{\Delta C_{veg}}{1 + \mu \exp(-\nu \cdot t)}$$

但し ΔC_{veg} : 伐採時における根系の粘着力増分

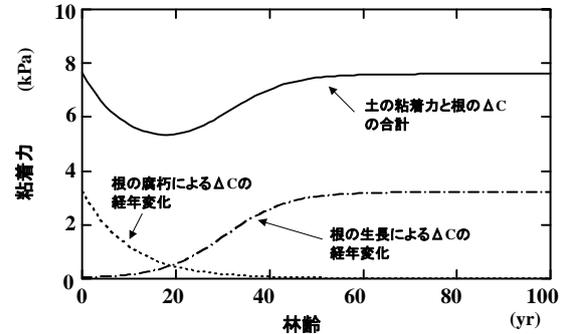
λ : 根系の腐朽による経年変化パラメータ

μ : 苗木の初期値パラメータ

ν : 根系の生長による経年変化パラメータ

t : 伐採・新規植栽後の年数(year)

によって概念的に表すことで、実際の林齢-表層崩壊面積分布をある程度まで再現出来るように、各式のパラメータを逆解析によって算出した。図-2にモデル逆解析による林齢-粘着力関係を、図-3にモデル計算による林



齢-崩壊面積分布関係を示す。

図-2：逆解析による林齢-粘着力関係

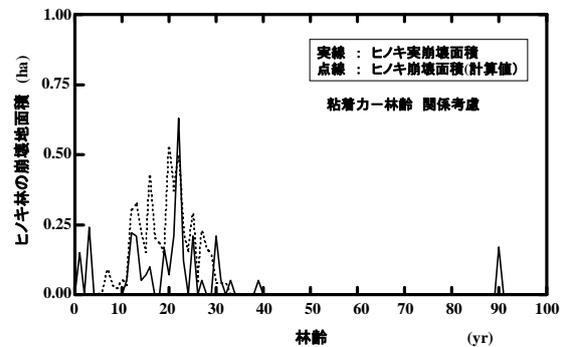


図-3：林齢-崩壊面積分布の再現結果

逆解析によって得られた林齢-粘着力関係は、ある程度まで実際の林齢-崩壊面積分布を再現していることが確認される。また粘着力の値は5.3kPaから7.6kPaの範囲にあり、2.3kPaの変化が林齢-表層崩壊面積分布に影響を与えていることが確認された。

(3) 本成果は現場でのセン断試験や根系の引き抜き試験等の結果を行うことなく、崩壊発生データを簡便な手法を用いて応答的に解析することで、広域における森林管理に必要な情報の一部を取得することへの可能性を示唆するものであり、森林施業による林分構造の空間的配置の変化が森林の表層崩壊防止機能に与える影響を広域で評価することへの道筋を示すものである。

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5件)

執印康裕・鶴見和樹・松英恵吾・有賀一広・田坂聡明：分布型表層崩壊モデルによる樹木根系の定量的評価について，日本緑化工学会誌，p.9-14，35(1)，査読有，2009

執印康裕：森林植生による表層崩壊防止機能の評価に向けて，SABO,Vol.98，p.2-7，査読無，2009

江原秀宗，松英恵吾，執印康裕，逢沢峰昭，大久保達弘：船生演習林ヒノキ人工林における数値地形モデルに基づいた土壌水分指標による樹高推定の有効性，宇都宮大学農学部演習林報告，Vol.45，p.9-17，査読有，2009

執印康裕，田坂聡明，松英恵吾，大久保達弘，有賀一広，内藤健司：森林植生が表層崩壊発生場に与える影響について—宇都宮大学船生演習林を対象として—，平成20年度砂防学会研究発表概要集，JSECEPub.No.50，p.486-487，査読無，2008

五島正裕，執印康裕，田坂聡明，有賀一広，松英恵吾，内藤健司：船生演習林における表層崩壊と土層厚・土層構造の関係，宇都宮大学農学部演習林報告，Vol.44，p.15-32，査読有，2008

〔学会発表〕（計3件）

執印康裕，鶴見和樹，松英恵吾，有賀一広，田坂聡明：分布型表層崩壊モデルによる樹木根系の定量的評価について，第40回日本緑化工学会大会，2009年9月27日，淡路夢舞台国際会議場

執印康裕：降雨および土質強度特性が表層崩壊発生場に与える影響について，第120回日本森林学会大会，2009年3月27日，京都大学

執印康裕，田坂聡明，松英恵吾，大久保達弘，有賀一広，内藤健司，人工林を主体とする森林植生と表層崩壊の関係について—宇都宮大学船生演習林を対象として—，第119回日本森林学会大会，2008年3月28日，東京農工大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

執印 康裕 (SHUIN YASUHIRO)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：60221305