

# 森林管理と表層崩壊発生の関係について

宇都宮大学農学部 ○執印康裕・鶴見和樹・松英恵吾  
有賀一広・田坂聡明

## 1. はじめに

樹木根系の土質強度補強効果によって森林植生が表層崩壊防止機能を発揮していることは、古くから認識されており、根系の土質強度補強効果の定量的評価について多くの研究がなされてきている。これまでの研究成果を概観すれば、1)根系の土質強度補強効果は主として土の粘着力の増分として認識され、その大きさは数 kPa のオーダーにあること、2)土質強度補強効果の影響は人工林においては林齢と密接に関連し、壮齢林より若齢林において表層崩壊が発生しやすい傾向にあることが示されている。

このように森林植生の土質強度補強効果については、既往の研究成果によって、かなりの所まで研究的視点から明確にされてきているが、実際の人工林の森林管理を行なう場合、数百 ha 程度の空間を対象として林齢－土質強度補強効果の定量的もしくは解析的な評価に基づいた森林植生と表層崩壊発生の関係性について出来る限り簡便な手法を用いて把握する必要があると考える。以上を背景として、宇都宮大学船生演習林のヒノキ人工林を対象に、林齢－表層崩壊の関係に着目して基本的な検討を試みたので、ここに報告する。

## 2. 対象地及び手法について

### 2.1 対象地について

検討の対象としたのは、宇都宮大学農学部附属船生演習林(総面積約 532ha)内のヒノキ人工林(約 310ha)である。検討対象とした理由は

- ① 地形情報が 10mDEM として、森林植生情報が森林簿として整備されていること。
- ② 1998 年 8 月末の台風 4 号による集中豪雨によってヒノキ人工林内に表層崩壊が多発しており、かつその情報が崩壊直後の調査によって森林簿及び地形情報とリンクされて整備されていること。

以上の 2 点はその理由である。

### 2.2 検討手法について

検討にあたっては、グリッドベースの分布型表層崩壊モデルを使用した。グリッド単位は各 10m の格子セルによって構成される。全ての各セルについて無限長斜面安定解析式((1)式参照)による安定解析を行なった。計算においては表層崩壊が対象であるため全セルにおいて土層厚を 1.0m として均一に与えている。安定計算に必要な地下水位の算出にあたっては流域が十分に湿潤な状態にあることを仮定した TOPMODEL をベース

として算出している((2)式参照)。

$$F = \frac{(\gamma Z - \gamma_w h) \cos^2 \alpha \tan \phi + C + \Delta C}{\gamma Z \cos \alpha \sin \alpha} \quad (1)$$

但し F:安全率,  $\gamma$ :土の湿潤単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>),  
 $\gamma_w$ :水の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>),  $\alpha$ :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),  
 $\phi$ :土の内部摩擦角(degree),  
C:土の粘着力(kPa),  
 $\Delta C$ :樹木根系による粘着力増分(kPa)

$$h = \frac{R}{k \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{A}{b} \quad (2)$$

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(m<sup>2</sup>),  
b:グリッドセルの幅(m)である。

なお(2)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ている。

表-1 に計算にあたって設定した基本諸量を示す。

表-1:モデル計算の基本諸量

設定諸元	記号	単位	値
湿潤土の単位体積重量	$\gamma$	(kN/m <sup>3</sup> )	9.81
水の単位体積重量	$\gamma_w$	(kN/m <sup>3</sup> )	17.66
飽和透水係数	k	(m/hr)	1.80
土の内部摩擦角	$\phi$	(degree)	30.00
表層土層厚	Z	(m)	1.00

飽和透水係数については、湿潤状態では飽和側方流が卓越し表層土層中のマクロポア等の要因が働くため、通常の透水試験によって得られる値よりも数オーダー大きい値なることが指摘されていることから、1.8 m/hr とかなり大きめの値を設定している。なお、降雨強度 R については 0.05m/hr を与え、C+ $\Delta C$  の値については、台風 4 号によるヒノキ林における林齢－表層崩壊面積分布がある程度まで再現出来るように調整して与えている。

## 3. 検討結果

図-1 に 1998 年 8 月末の台風 4 号によってヒノキ人工林内に発生した林齢－表層崩壊面積分布を示す。

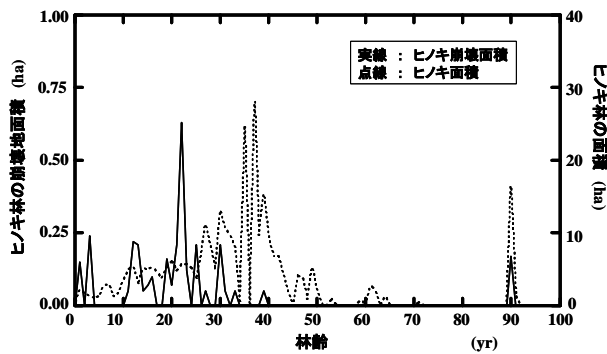


図-1 ヒノキ林及びヒノキ林崩壊地の林齢-面積分布

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る。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 と崩壊面積率は 1%未満であった。

既往研究において表層崩壊は、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ことは周知の事実であるが、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解析的に評価できるものではない。

そこで(1)式における粘着力に関する項目を

$$C + \Delta C = C + \Delta C_{rot} + \Delta C_{rev} \quad (3)$$

但し  $\Delta C_{rot}$  : 伐採後の根の腐朽による粘着力変化

$\Delta C_{rev}$  : 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  $\Delta C$  を

$$\Delta C_{rot} = \Delta C_{veg} \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \quad (4)$$

$$\Delta C_{rev} = \frac{\Delta C_{veg}}{1 + \mu \exp(-\nu \cdot t)} \quad (5)$$

但し  $\Delta C_{veg}$  : 伐採時における根系の粘着力増分

$\lambda$  : 根系の腐朽による経年変化パラメータ

$\mu$  : 苗木の初期値パラメータ

$\nu$  : 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、(3)式から(5)式までのパラメータを逆解析によって算出した。

表-2 にモデル逆解析によって得られたパラメータ値の一覧を、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。

モデル計算による表層崩壊面積は約 6ha と実際の崩壊面積と比較した大きめの値を示しているが、図-3 に

表-2 逆解析によるモデルパラメータ値

設定モデルパラメータ	設定値
土の粘着力: C (kPa)	4.4
伐採時における根系粘着力増分: $\Delta C_{veg}$ (kPa)	3.2
根系の腐朽による	
経年変化パラメータ: $\lambda$ (year <sup>-1</sup> )	0.1
苗木の初期値パラメータ: $\mu$	100.0
根系の生長による	
経年変化パラメータ: $\nu$ (year <sup>-1</sup> )	0.15

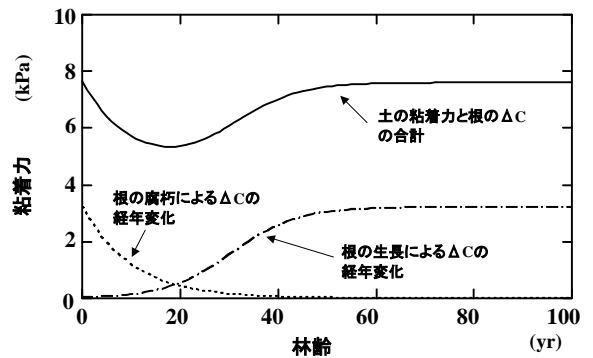


図-2 モデル逆解析による林齢と粘着力の関係

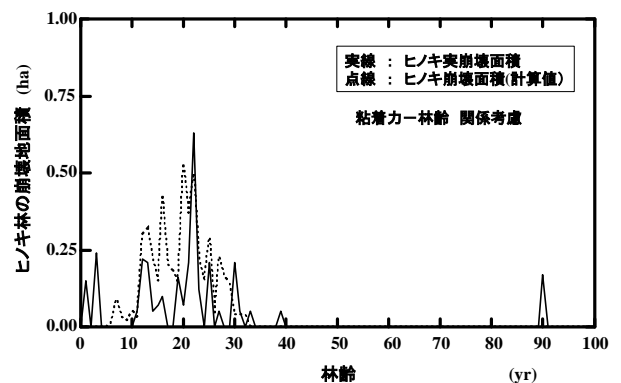


図-3 モデル計算による林齢-崩壊面積分布の再現結果

示すように、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 のわずかな変化が林齢-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。本結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に基づくものではないが、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ると考える。無論より現実的な情報の取得のためには、森林簿情報に基づいた施業履歴及び過去の降雨と崩壊履歴等の検討が必要であるが、それについては今後検討していく予定である。