

# 107 崩壊要因の時間変化を考慮した簡易手法による流域の危険度評価

高知大学農学部 平松 晋也  
宇和島市役所 ○亀田 光彦

## 1. はじめに

本研究は、崩壊発生危険度評価を合理的かつ簡易に行うための手法を開発するための一助として、森林山腹斜面を構成する表層土壌が本来有している「崩壊に対する免疫性」に着目し、表層崩壊の発生に影響を及ぼす「素因」と「誘因」の両側面から崩壊発生危険度について検討を加えたものである。

## 2. 対象流域の概要

対象流域は、高知県西端部に位置する梶原川上流部の奥山川流域内の小溪流で、同流域の流域面積は約 0.27km<sup>2</sup>、平均勾配は 22.5° である。流域の地質は主に暗灰色の泥岩であるが、崩積土によって砂礫が互層の形でみられる地点も見受けられる。植生に関しては、中下流域の右岸側はスギ林、左岸側はアカマツの点在する落葉広葉樹林、上流域はヒノキ林となっている。なお、平均年雨量は 2,500mm 以上、平均気温は 13° 程度である。

## 3. 流域の地形特性

### 3.1 土層構造パターンと表土層厚との関係

対象流域内の 26 地点に対して土研式簡易貫入試験を実施し、表土層厚分布を把握した。さらに、逢坂ら<sup>1)</sup>が提示した土層構造のパターン分類 (I ~ VI 型) に従って土層構造の把握を行い、これらの土層構造パターンと表土層厚との関係を考察した。土層構造パターンと表土層厚との関係を示す図-1 より、「I 型」の土層構造パターンでは表土層が 1m 以下と薄く、「III 型」~「V 型」の土層構造パターンでは表土層が 1.5m 以上と厚くなっていることがわかる。

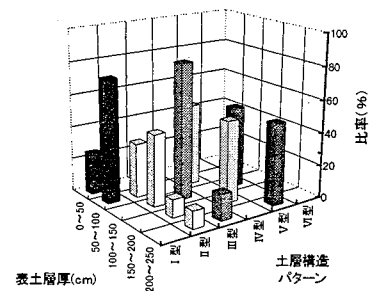


図-1 土層構造パターンと表土層厚との関係

### 3.2 地形形状と土層構造パターンとの関係

地形形状(地形の集水性)と土層構造パターンとの関係を示す図-2 より、風化花崗岩地域に対して得られた「凸型斜面では III, IV, V 型のパターンが多く分布し、凹型斜面では I, II 型のパターンが多く分布する。」といった結果と概ね一致している。このことより、土層構造は地質条件よりも地形形状等の存在場の立地条件の影響をより強く受けるものと推定される。

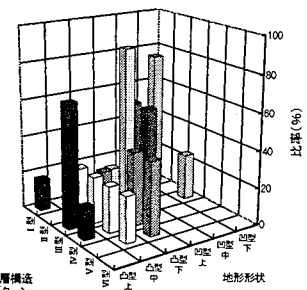


図-2 地形形状と土層構造パターンとの関係

### 3.3 限界水深、免疫土層厚及び上限土層厚の分布

対象流域内の 26 地点に対し、限界水深:  $H_{cr}$ 、免疫土層厚:  $D_{cr}$  及び上限土層厚:  $D_{lm}$  を求め、崩壊に対する危険性を概観した。ここで、限界水深:  $H_{cr}$  は崩壊が発生するために必要となる水深、免疫土層厚:  $D_{cr}$  はいかなる豪雨が作用しても崩壊しない土層厚、上限土層厚:  $D_{lm}$  は降雨の作用が無いものとして土層の成長のみで崩壊に至る土層厚と理解され、それぞれ安定解析式を基に、(1)~(5)式で求められる<sup>2)</sup>。図-3~4 は、以上の結果得られた限界水深及び免疫土層厚を現在の土層厚に対する比率で示したものである。

$$H_{cr} = \frac{C - \gamma_t \cdot \cos^2 \beta \cdot (\tan \beta - \tan \phi) \cdot D}{\cos^2 \beta \cdot \{(\gamma_{sat} - \gamma_t) \cdot (\tan \beta - \tan \phi) + \gamma_w \cdot \tan \phi\}} \quad \dots (1)$$

$$D_{cr} = C / (Y_1 + Y_2) \quad \dots (2)$$

$$Y_1 = \cos^2 \beta \cdot \{(\gamma_{sat} - \gamma_t) \cdot (\tan \beta - \tan \phi) + \gamma_w \cdot \tan \phi\} \quad \dots (3)$$

$$Y_2 = \gamma_t \cdot \cos^2 \beta \cdot (\tan \beta - \tan \phi) \quad \dots (4)$$

$$D_{lm} = C / \{\gamma_t \cdot \cos^2 \beta \cdot (\tan \beta - \tan \phi)\} \quad \dots (5)$$

限界水深を示す図-3 より、流域上流部や中流部左支川沿いで比率が 0~0.5 と低く、土砂生産の可能性が高いことがわかる。0.5~1.0 の地点は全体の約 40% を占めた。一方、1.0 以上の地点の大部分は河道本川沿いで認められる。免疫土層厚を示す図-4 より、比率が 0.5~1.0 の地点が 26 地点中 13 地点と全体の 50% を占めることがわかる。また、河道本川沿いや左岸尾根部の一部で比率が 1.0 以上を示し、安定性が高いことがわかる。限界水深、免疫土層厚及び上限土層厚と斜面傾斜との関係を示す図-5 より、いずれも斜面傾斜の増加とともに減少する傾向が顕著に認められ、これらの値は斜面傾斜を用いて(6)~(8)式に示す指数近似式で表される。古生層である梶原川流域で得られた(6)~(8)式の同様の地質を有する他流域への適用の可否については、今後の検討課題となる。

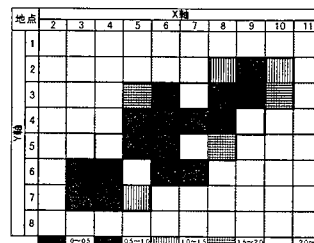


図-3 限界水深の空間分布 (現在の土層厚に対する比率)

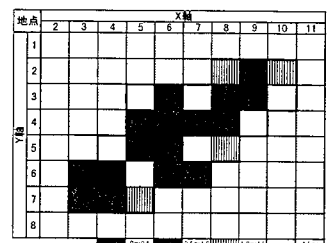


図-4 免疫土層厚の空間分布 (現在の土層厚に対する比率)

$$H_{cr} = 3.263 \cdot e^{-0.0375 \cdot \beta} \dots\dots\dots(6)$$

$$D_{cr} = 4.366 \cdot e^{-0.0414 \cdot \beta} \dots\dots\dots(7)$$

$$D_{lm} = 7596.9 \cdot e^{-0.1934 \cdot \beta} \dots\dots\dots(8)$$

#### 4. 表層崩壊発生危険度評価

崩壊の発生に關する誘因と素因の兩者を加味した崩壊発生危険度の簡易評価手法を提示し、同手法を多雨地域として位置付けられる栲原川流域に対して適用した。

##### 4.1 崩壊発生危険度

図-6は、本研究で提示した「崩壊発生危険度評価モデル」の概念を示したものであり、土層厚の成長速度(素因)と降雨の発生し易さ(発生確率;誘因)を考慮し、時間経過とともに変化するこれらの値を基に、個々の斜面に対して安定解析を実施することにより崩壊に至るまでの必要年数を介して崩壊発生危険度が評価されることになる。同モデルでは、時間経過とともに表土層厚は成長し((9)式<sup>2)</sup>、これに伴って崩壊に対する限界水深(⇒限界降雨量)は減少することになる。一方、時間経過とともに大規模降雨の発生する確率が高くなるため、いずれは降雨量(予想値)が限界降雨量を上回り崩壊が発生することになる。

$$L = A_w \cdot \ln(B_w \cdot T + 1.0) + C_w \dots\dots\dots(9)$$

ここに、L:表土層厚(m),T:土層形成開始後(崩壊後)の経過年数, $A_w, B_w, C_w$ :定数( $A_w = 1.0, B_w = 0.004, C_w = 0.15$ )である。

「崩壊発生危険度評価モデル」を対象流域に対して適用することにより得られた「崩壊に至るまでの年数」分布を図-7に示す。なお、安定解析を行う上で必要となる諸条件の内、土の粘着力:Cと内部摩擦角: $\phi$ については全ての斜面に対して同一と仮定しているため、「崩壊に至るまでの年数」は崩壊の発生し難さを表す「斜面安定化指数」と理解される。図-7より、河道本川沿いの地点や流域上流左岸尾根部の一部で斜面安定化指数が100年以上を示し、安定性が高いことがわかる。一方、流域の中・下流部左岸斜面では、斜面安定化指数が10年以下を示す地点が大部分を占め、特に流域中流左支川周辺では2年以下と崩壊の危険性が高いことがわかる。

##### 4.2 崩壊発生危険度と土層構造パターンの関係

斜面安定化指数と土層構造パターンの関係を示す図-8より、I型の土層構造を示す地点は比較的安定しており、逆にII型やIV型の土層構造を示す地点は不安定となる傾向が若干ながら認められる。

##### 4.3 崩壊発生危険度と斜面傾斜及び表土層厚との関係

斜面安定化指数:Tと斜面傾斜: $\beta$ 及び表土層厚:Dとの関係を示す図-9より、斜面傾斜や表土層厚の増加とともに斜面の安定性は低下する傾向がみられ、斜面安定化指数と斜面傾斜との関係は(10)式で表すことができる。

$$\beta = -3.3453 \cdot \ln(T) + 44.257 \dots\dots\dots(10)$$

#### 5. おわりに

本研究は、崩壊に対する誘因と素因を評価し得る簡易な「崩壊発生危険度評価モデル」を提示し、この手法を多雨地域(栲原川流域)に対して適用したものである。一般に、多雨地域では雨慣れしており、多少の雨では崩壊が発生することはなく、逆に、非多雨地域では多雨地域で崩壊が起こらない程度の降雨でも崩壊が起こりやすいとされている。今後は、非多雨地域に対しても同様の調査を実施するとともに、地形の集水性や土質定数の時間変化をも考慮可能となるように同評価モデルに改良を加え、「崩壊に対する免疫性」の解明を行う予定である。

(引用文献)

- 1) 逢坂興宏・田村毅・窪田順平・塚本良則:花崗岩斜面における土層構造の発達過程に関する研究.砂防学会誌,Vol.45,No.3,p.3-12,1992
- 2) 飯田智之:表層崩壊の免疫性と崩壊確率モデル.地形,第14巻第1号,p.17-31,1993

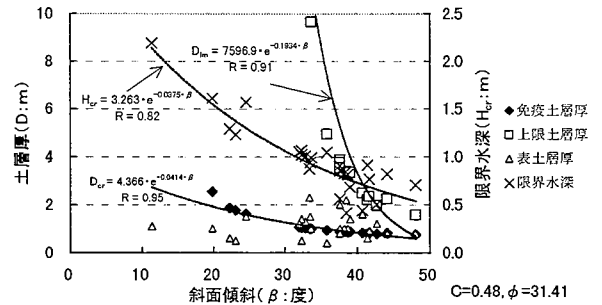


図-5 限界水深・免疫土層厚・上限土層厚と傾斜との関係

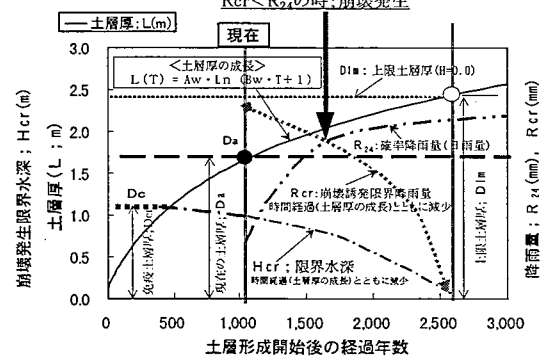


図-6 表土層の成長と崩壊誘発限界雨量との関係の概念

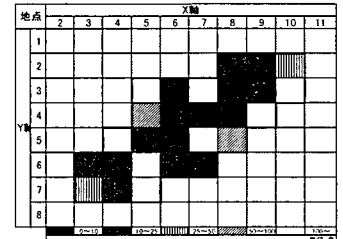


図-7 斜面安定化指数(崩壊に至るまでの年数)の分布

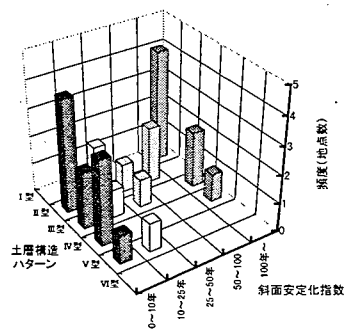


図-8 斜面安定化指数と土層構造パターンとの関係

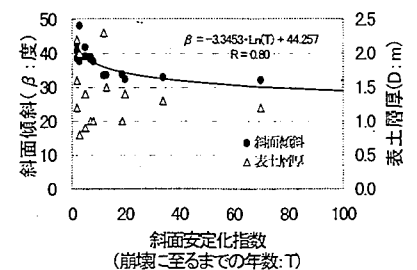


図-9 斜面安定化指数と斜面傾斜及び表土層厚との関係