

# 山岳域で樹木根系が斜面の安定化におよぼす役割

今泉文寿（筑波大学農林技術センター井川演習林）・諏訪 大（筑波大学生物資源学類）

## 背景と目的

山岳域は地形が急峻であるため、斜面崩壊、土石流など、土砂災害につながる土砂移動現象がおりやすい。特に中部山岳域は中央構造線、糸魚川静岡構造線が走り地質が脆いため、斜面崩壊の発生頻度が高い地域となっている。既往の研究により、斜面上に生育する樹木の根系は斜面崩壊に対する土層の抵抗力、特に粘着力を増加させる働きがあることが示されている。既往の研究は経験的なものがほとんどであるが、樹木根系が斜面安定に及ぼす影響は土層構造、樹種、地形等の影響を受けて空間的に大きくばらつくため、経験的な知見では未調査地域における樹木の役割を適切に評価することが困難である。今後予想される気候変動に伴う斜面安定性の変化を評価するためには、樹木の斜面安定効果に関する普遍的なモデルの確立、およびそれを用いた樹木根系の斜面安定効果に関する空間分布推定手法の確立が求められる。そこで本研究ではその一環として特に前者に注目し、斜面安定に対する根系の役割を斜面安定の物理メカニズムに基づき考察した。さらに中部山岳域赤石山脈に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内において現地調査を行い、物理メカニズムに基づく考察が実際の崩壊の発生特性と一致しているかの検討を行った。

## 斜面安定のメカニズム

本研究は単純化のため、無限長斜面（土層構造が地表面と平行で無限の斜面長をもつ斜面）を対象とした検討を行う。今泉ら（2009）による正規化された安定解析式に根系の粘着力をあらわすパラメータ  $c'$  を加えることで、樹木根系の役割を考慮した斜面の安定性は以下の式であらわされる。

$$F \frac{\tan \theta}{\tan \phi} = 1 - F_w + \frac{(c + c')}{H} F_c' \dots (1)$$

ここに  $F$  : 安全率 ( $F < 1$  で崩壊発生)、 $\theta$  : 斜面勾配、 $\phi$  : 内部摩擦角、 $F_w$  : 地下水位の発達に斜面の安定性に及ぼす寄与度、 $c$ 、 $c'$  : 土、根系の粘着力、 $H$  : 地表面からの深さ、 $F_c'$  : 間隙率、土の質量密度等に依存する変数である。土質強度 ( $c$ 、 $\phi$ ) および根系の粘着力  $c'$  等が一定の条件下では右辺第3項が  $H$  に反比例していることに起因し、下層にいくほど右辺が小さくなる。その結果、安全率  $F$  は下層にいくほど低くなり、崩壊発生の可能性が高くなる。さらに根系は深くなるにつれ量が減少するという特性があり、この傾向はより顕著になる。しかし実際の土層は、下層に土質強度の高い別の層が存在するため、崩壊のすべり面は土質強度が低い層と高い層の境界部分で形成されやすいと考えられる。つまり、根系による斜面の補強効果が必要なのはこの地層境界部分であり、そこでの  $c'$  の値が変化すると斜面崩壊の発生のしやすさに影響を及ぼす。

## 人工林内における崩壊発生特性

次に、井川演習林内の人工林内で発生した10箇所の斜面崩壊の周辺において、土層の固さの深さ方向の変化を簡易貫入試験機で調べた。人工林では伐採・新植に伴い、樹木根系の腐朽と成長がおき、それが斜面の安定性に大きな影響を及ぼす。つまり、施業に伴う崩壊の発生頻度の変化は、樹木根系の粘着力の変化に依存していると考えられることができる。調査の結果、10箇所の崩壊のうちの7箇所で土層の固さが不連続に上昇する地層境界付近ですべり面が形成されていることが明らかになった。これは前述の「地層境界付近での樹木根系の粘着力の変化が崩壊の発生に影響を及ぼす」とした考察と調和的な結果であるといえる。本研究より、樹木根系が斜面安定に及ぼす影響を考える場合、根系の到達範囲の議論よりもむしろ「地層境界付近でどのくらいの粘着力の補強を行ったか」に注目すべきだということが示された。



図 井川演習林人工林内の崩壊

参考文献：今泉ら，2009，砂防学会誌，Vol.62，No.2，p.13-20