

水平根の引き抜き抵抗力を指標とした森林の土砂崩壊防止機能の評価に関する研究

林野庁

木下篤彦

国土防災技術株式会社 大野亮一・川島正照・田畑三郎・田中賢治・山崎孝成

1. はじめに

山地災害を防止し地域の安全・安心を確保するためには、治山事業等により根系の発達を促進させ、森林の土砂崩壊防止機能を増加させる必要がある^{1)~3)}。森林の土砂崩壊防止機能とは、「森林が根系を張り巡らすことによって土砂の崩壊を防ぐ役割」と定義される⁴⁾。根系による土砂崩壊防止機能は、鉛直根と水平根に分けて議論される⁵⁾。鉛直根については、塚本⁵⁾・阿部⁶⁾によって根の空間分布をモデル化しそれを根の引き抜き抵抗力に換算し安定解析を行う手法が提案されている。一方、水平根については北原⁷⁾がその重要性を主張するが、既往の研究^{5),6)}では鉛直根に比べ過小評価されており、十分検討がなされているとはいえない。

そこで本研究では、水平根の引き抜き抵抗力に着目し、現地で根の引き抜き試験、分布調査を行い、水平根による土砂崩壊防止機能の評価手法及び指標について検討を行った。

2. 現地での引き抜き試験・水平根の分布調査

図1に示す茨城森林管理署管内、徳田地区および天下野地区人工林（スギ・ヒノキ）において、根の引き抜き試験と水平根の分布調査を実施した。引き抜き試験は、直径2mm以上の根を対象に、1本を引き抜くのに要する引張力 T [kN/本]を測定した(図2)。水平根の分布調査は北原⁷⁾にならい、土中の根がもっとも疎となる立木間中央位置において、長さ2.0m、深さ1.0m、奥行き0.6mのトレンチを掘削し、露出根の位置と直径を記録した(図3、スギ14断面、ヒノキ38断面)。



図1 調査地位置図

3. 樹木根系の水平根による崩壊抵抗力 ΔC の算定

根の直径 D [mm]と根1本あたりの引き抜き抵抗力 T をプロットし、累乗式 $T = a \times D^b$ で回帰させた(図2)。 a, b は回帰係数(表1)である。分布調査を行ったトレンチ毎に、断面に露出した2mm超の根すべての T [kN/本]を足し合わせ、トレンチ断面積 A [m²]で除して、断面あたりの根系による崩壊抵抗力 ΔC [kN/m²]が算出される。

$$\Delta C = \frac{1}{A} \sum_{D>2mm} T$$

算定された ΔC は、断面ごとにばらつきを有するが、スギで2~30 [kN/m²]、ヒノキで2~20 [kN/m²]の範囲となった。

表1 引き抜き抵抗力の回帰係数 a, b

	データ数 N	a	b
ヒノキ	66	0.0386	1.2962
スギ	47	0.0184	1.7108

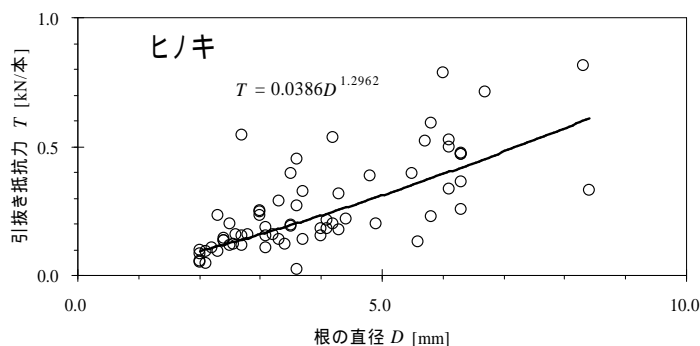


図2 引き抜き抵抗力のプロット(ヒノキの例)

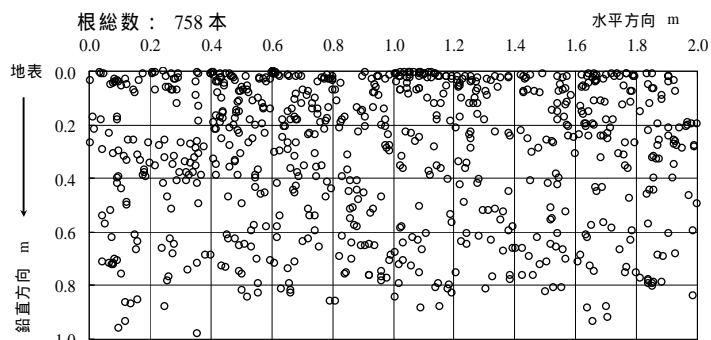


図3 根系分布の断面プロット(ヒノキの一例)

4. 立木間隔と崩壊抵抗力 ΔC の関係について

北原⁷⁾はカラマツ林のデータを基に、トレンチを挟む2本の立木間隔が広がるほど崩壊抵抗力 ΔC が減少し、両者は負の累乗関数で近似されることを示した(図4左)。今回、ヒノキのデータにおいても、全く同様の傾向が得られた。このとき、密度が疎な林分ほど曲線は上側にスライドし、大きな抵抗力を有する。この傾向は一見、矛盾するように思われるが、同じデータを林齢ごとにプロットしてみると、本数密度が疎な林分は壮齢林が多く、地下部に根系を多く蓄積していることから、大きな抵抗力を有していることがわかった(図4右)。

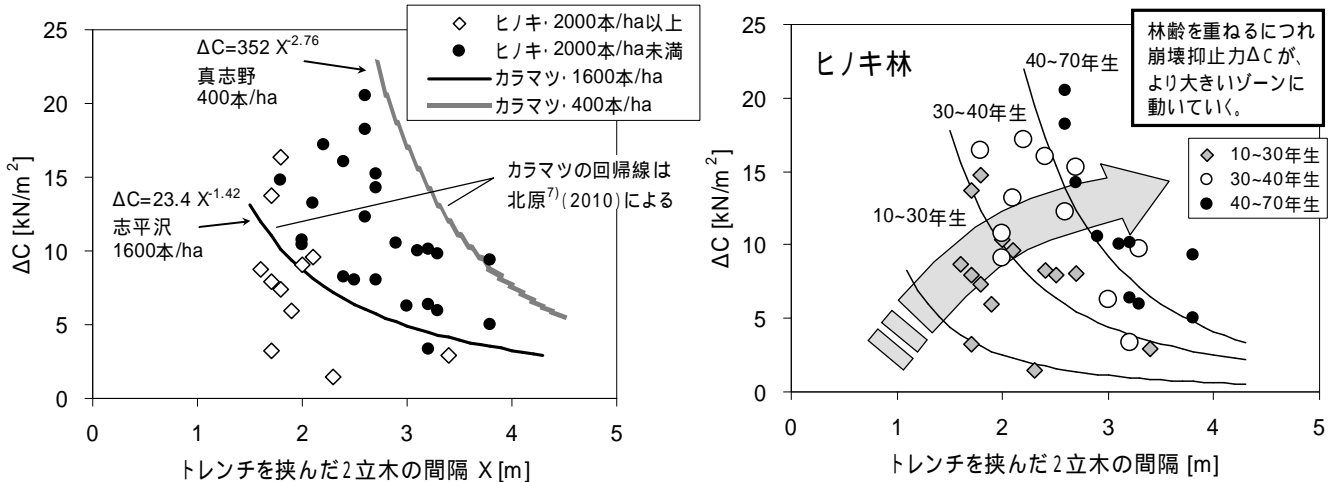


図4 現地調査結果のプロット(左:本数密度別、右:林齢別による)

5. 崩壊抵抗力 ΔC の指標について

林齢や胸高直径といった林業指標と崩壊抵抗力 ΔC を関連づけるため、収穫表モデル LYCS⁸⁾と水平根の分布モデル(塚本⁵⁾)を組合せ、崩壊抵抗力 ΔC の数値モデルを構築した。ヒノキを4000本/haで植栽し、間伐なし、20年生間伐、30年生間伐、3パターンで計算した結果を示す。図5左は、図4右に対比されるもので、林分が成長とともに根量を増し、抵抗力 ΔC が増加する傾向がモデルでも同様に再現されている。図5右は横軸を林齢としたもので、間伐による抵抗力 ΔC の変化が示されている。伐採直後は伐根が生きているが、5年後はその効果をゼロとしたため抵抗力は一時的に落ち込み、その後回復していく過程が表現されている。

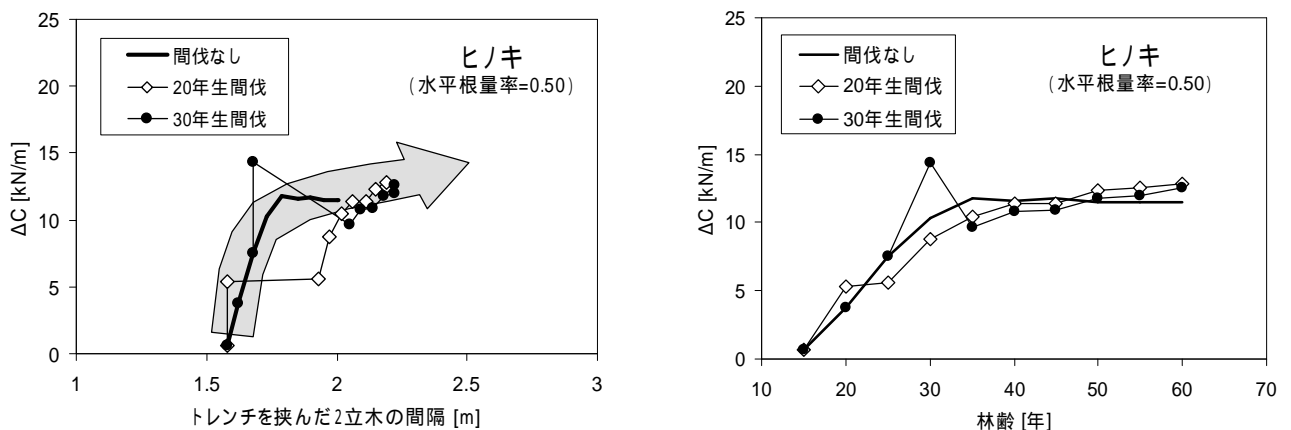


図5 崩壊抵抗力モデルによる計算結果のプロット(左:横軸立木間隔、右:横軸林齢)

参考文献

- 1) 農林水産省:平成20年度森林及び林業の動向、口絵、p.50、p.54、p.134、2009
- 2) 農林水産省:森林整備保全事業計画、p.3、2009
- 3) 農林水産省:全国森林計画、p.5、2008
- 4) 林野庁(プレスリリース資料):森林の公益的機能の評価額について、2000
- 5) 塚本良則:樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究、東京農工大学演習林報告、第23号、p.65-124、1987
- 6) 阿部和時:樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能評価方法に関する研究、森林総研研報、No.373、p.105-181、1997
- 7) 北原曜:森林根系の崩壊防止機能、水利科学、No.311、p.11-37、2010
- 8) 森林総合研究所:収穫表作成システム LYCS、<http://www2.affrc.go.jp/labs/LYCS/index.html>