間伐が及ぼす森林根系の斜面安定効果

○伴博史・北原曜・小野裕（信大院農）

１，はじめに

森林根系の崩壊防止力は，クーロン式の粘着力増強分⊿C（kN/㎡）として力学的に評価される（遠藤 1968，阿部 1991 など)。しかし，施業と⊿Cの関連については，未解明な部分が多い。今井ほか（2009）はヒノキについて間伐により崩壊防止力が上昇しているとした。また，伴ほか（2010）では，カラマツ根系は間伐により崩壊防止力が高まる傾向が指摘された。しかし，間伐の効果が完全に解明されたわけではない。そこで，本報ではカラマツを対象に⊿Cを求め，斜面安定効果を検証し，間伐の影響を評価した。

２，方法

調査地は長野県内の諏訪市南真志野地区，岡谷市志平沢地区，塩尻市の林業総合センター，伊那市長谷地域，信州大学附属手良沢山演習林で行ったものと，久保田（2006）が同演習林で行ったものを引用した。各調査地の地質は，ローム質，マサ土，結晶片岩，適潤性黒色土である。林令は 23～84 年の様々な条件で行った。根系分布調査は，等高線方向に並ぶ二本の立木の中央部に，長さ２ｍ×深さ１ｍ×幅 0.5ｍ程度のトレンチを掘削し，トレンチ断面に出現した 2.0mm 以上の根系の座標と根断面直径を測定した。トレンチ数は合計 35 個である。崩壊防止力は，カラマツ根系に対して久保田（2006）が示した回帰式 $Y=1.23\times10^{-2}X^{1.46}$ を用い，根断面直径 X（㎜）から一本ごとの引き抜き抵抗力 Y（kN）を算出した。これよりトレンチ土壌の単位断面積あたりの引き抜き抵抗力の合計値⊿C（kN/㎡）を算出した。

また，根系を含んだ斜面安定効果を検証するため，永田（2010）の手法を用い，斜面安定計算を行った。水平根による崩壊防止機能を反映させるため，図－１のような三次元の円弧すべりを想定し，算出された⊿Cを組み込んだ以下の式により，斜面安全率Fを算出した。モデル計算は，崩壊深を１，1.5，２ｍ，斜面傾斜を 30，35，40° に設定し解析を行った。

$$F=\frac{\sum(wi\times\cos\theta\ i)\tan\phi+C\times Ar+\triangle C\times l\times r}{\sum(wi\times\sin\theta\ i)}$$

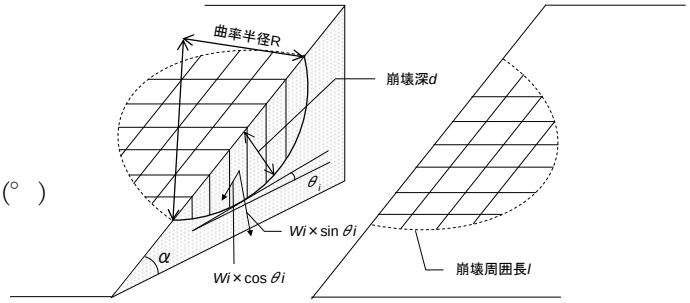
wi：各土塊の重量（kN）　　θi：各土塊の底面の傾斜（°）

ϕ：土壌の内部摩擦角（°）　　l：崩壊周囲長（m）

C：単位面積当たりの土の粘着力（kN/m^2）

Ar：欠球の表面積（m^2）　　r：根系伸長深（m）

⊿C：単位断面積あたりの根系の引き抜き抵抗力の合計値（kN/m^2）

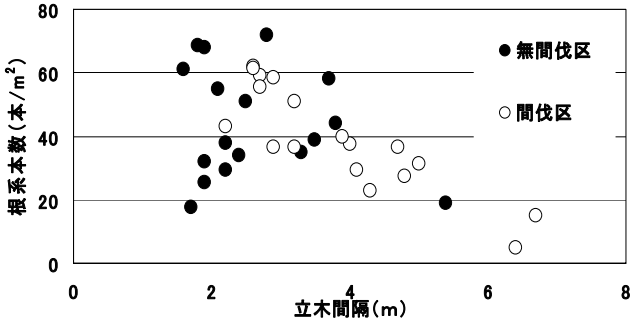


図－１　斜面安定解析の概念図

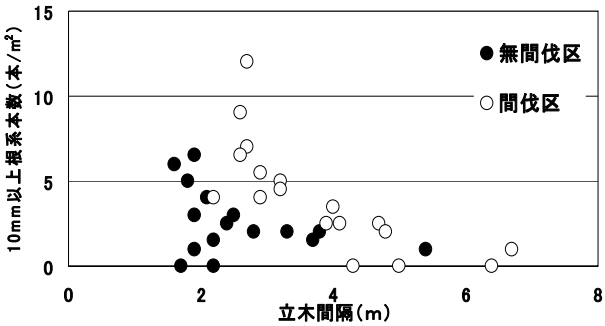
３，　結果と考察

３．１，根系分布

根系分布調査により求められた根系本数，10 ㎜以上根系本数と立木間隔の関係を図－２，３に示す。根系本数は間伐の影響を受けておらず，根系の本数は立木間隔と関係していると考えられる。しかし，林令が 23 年の無間伐区では根系本数の値が小さく，他の林分と差がでた。林令 23 年程度では，まだ２㎜以上に達していない根系が多く，その影響が出たと考えられる。10 ㎜以上根系本数は間伐の影響が出ており，間伐区の方が大きな値となった。これらのことから，根系本数は間伐の影響は受けないが，10 ㎜以上の太い根は間伐の影響を受けて，増えていると考えられた。



図－2 根系本数と立木間隔



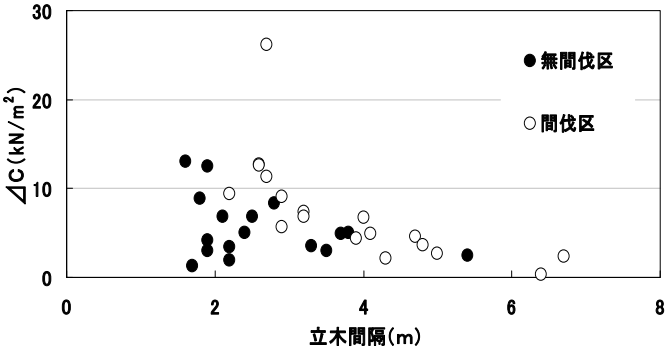
図－3 10㎜以上根系本数と立木間隔

３．２，⊿C

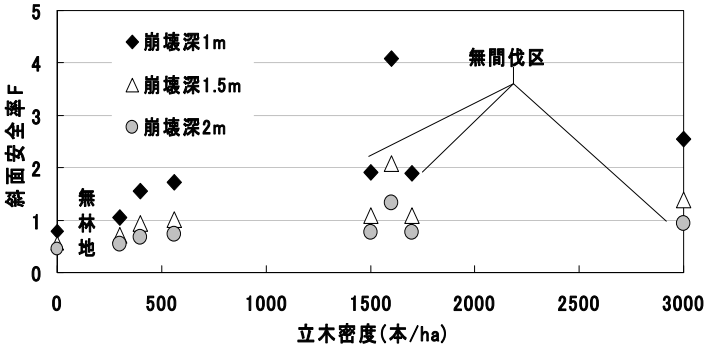
次に，立木間隔と⊿Cの関係を図－４に示す。⊿Cは根系の本数，根系の太さにより値が決まってくる。そのため上述した，間伐により太い根が増えるということから，同一立木間隔では，⊿Cは間伐区の方が大きな値となった。しかし，立木間隔，立木密度，地質，地形などの要因から受ける影響で値は多少前後する可能性が考えられる。

３．３，斜面安定効果

最後に斜面安定効果について考察する。一例として，斜面傾斜 35°における斜面安全率を図－５に示す。無林地の状態では崩壊深に関わらず，安全率が１を下回っており，35°の傾斜があれば崩壊してしまうということとなった。一方で，根系を含んだ安全率は崩壊深１ｍでは常に１を上回っている。崩壊深 1.5ｍでは立木密度が小さいと，安全率が１を下回っている。これは間伐により広がりすぎた立木間に根系が無く，根系の粘着力増強分が効果を発揮していないためと考えられる。また，崩壊深２ｍでは，安全率は１を下回っている点が多いが，立木密度 1600（本／ha）の点では安全率が１を上回っている。これは間伐の効果で根系の補強が進んだためと考えられる。同程度の立木密度では自然枯死木の影響で立木密度が小さくなったためか，効果は見られていない。また，崩壊深が深くなるにつれて，崩壊の規模が大きくなるため，根系だけで崩壊を止めるにはある程度の限界があると推察される。これらの結果から，根系の崩壊防止力を高めるには，間伐を行い立木密度 1600（本／ha）程度とし，あまり強度に間伐しないことが重要であると考えられた。



図－4 ⊿Cと立木間隔



図－5 立木密度と斜面安全率

引用文献

（１）遠藤泰造・鶴田武雄（1968）樹木が根の土のせん断強さに与える作用，林誌北海道支場年報 1968 年：161－181

（２）阿部和時（1991）根系の引き抜き抵抗力によるセン断補強度推定，日本緑化工学会誌 16（４）：37 - 45

（３）今井裕太郎（2009）ヒノキ根系の崩壊防止力に及ぼす間伐の影響，中森研 57：175－178

（４）伴博史（2010）カラマツ根系に及ぼす間伐の影響，中森研 58：179－182

（５）久保田遼（2006）表層崩壊に及ぼすカラマツ根系の引き抜き抵抗力に関する力学的評価，中森研 54:191-194

（６）永田惟人（2010）若齢ヒノキ林における崩壊防止機能の力学的評価，中森研 58：183 - 186

（連絡先：伴博史　hirotsu39@yahoo.co.jp）