

長野県土木部 ○池本 濟

九州大学農学部 竹下敬司・丸谷知巳・綿引 靖

1 まえがき

崩壊発生に対する森林の直接的な効果は根系によって果たされている。この概念としては、従来、崩落しようとする不安定な土層や風化層に対して、これを安定した基盤に結び付けようとする杭効果。また、不安定箇所と安定箇所との間において、各部分を互いに結び付けて強い一体化したものにして、その緊縛効果等が挙げられる。しかしながら、根系は我々が普段には見ることが出来ない地下部に分布しているため、その実態を把握することが極めて困難な状況下であり、これらの機能が具体的に、地中における根系のどのような構成で果たされているのか等については不明な点が多い。ある意味では両効果とも、特定の地点で観察された長所だけを組み合わせることで創造された空想の産物であるともいえそうである。つまり、場合によっては否定されるべき可能性をも有しているものと考えられる。しかしながら、他方では「林齢を増し林木が大型化するほど、森林内での崩壊発生率は減少する」という傾向は事実として厳然と残っており、もしも、既成の概念を修正するのであれば、この森林の効果を、どう説明するかが解決すべき大きな課題として残ることになる。

2 斜面土壌内の根系の調査方法

(1) 林分調査法 : 地中にある根系の状態をいつも調査するわけにはいかないので、地中内の実態把握と同時に、それと可視的な地表の森林要素との結び付きを計っておき、地表の要素を媒介として、地下の根系の状況を的確に推定しようとする方法を見いだしておくことが必要である。一方、地表要素は環境(土壌の湿、潤、乾、土層深の深、中、浅)、傾斜度、林木要素(樹種、林齢、胸高直径、樹冠径)等との関係が既に分かっているものが多いので、もしも根系の状況と地表要素との結び付きが求まれば、逆に、これらの要素を通じて、根系と環境、樹種、林齢等との関係をも整理することが、ある程度可能になるものと考えられる。今回は林木要素のうち特に胸高直径と樹冠半径を重視した。

(2) 根系の調査方法

a) 調査対象 : やや精度は落ちるが簡略な方法によって多数のデータを取得できるようにした。例えば、切り取り面が霜上作用等によって後退した結果、露出した根系。あるいは、崩壊地や谷の崖面等で崩れ残って露出している根系、林道工事等で掘り出された根系、根こそぎで風倒したために露出した根系等を対象にした。また、一本の木から4方向の測定値が得られなくても、測定可能な値だけを求めた。対象樹種としては、主要造林樹木であるスギ、ヒノキ、カラマツ、一般樹種としてアカマツ、広葉樹(樹形、陰性、陽性等で細区分)を選択し、また、壮齡樹から高齡樹まで、できるだけ広い年齢幅の林分を調査するようにした。

b) 調査地 : 昭和57年から58年にかけて発生した長崎、島根、伊那、山梨等の崩壊跡地、九州各地の林道法面等を主対象地とした。

c) 方法 : 崩壊地の崖面等において切断されている根の直径を調査したところ、とくに10mm

以下での切断が多いように観察された、そこで崩壊に対しては10 mm以上の直径の根の存在が有効視されるものと仮定して、径10 mm以上の根の広がり(上方、下方、側方)と深さを測定した。

3 樹冠の生長と根系の広がり

1) 林分の生長と樹冠の変化

樹冠の集合体としての林冠被覆率の上限値は、林齢によって変化し、30年以下の若齢林では100%近くにまでなりうるが、それ以上になる上限値は漸減し70~80年もの高齢林となると70%近くにまで低下する。従って、もしも個々の根系の広がりが樹冠と、常に同じものであるとすると、林冠に隙間のある疎立林では根系間にも隙間が出来、相互の連結が無いことを意味することになる。

2) 樹冠と根系の広がり

樹冠と根の広がりとの関係を環境(乾湿)、樹種別に調査し、図-1に示すような結果を得た。分散が著しく大きく、単純な曲線関係は得られなかったが、特徴ある傾向が見いだされるので、その間の状況について列記してみよう。

◇ スギ・ヒノキ : 両樹種の根系の広がりとの関係は近似したものとなっている。上方、側方の根系の広がり、幼・壮齢林では樹冠よりも小さいか同等であるが、高齢林となると樹冠半径よりも大きくなる傾向を見せている。これに対して下方の根系は常に樹冠半径よりも小さい傾向を見せている。

◇ モミ、アカマツ : バイオニア樹種の特徴か、若齢林の頃は、根系の広がりの方が樹冠よりも大きい傾向を見せているが、50年を越す高齢になると樹冠と同等ないしはそれ以下とな

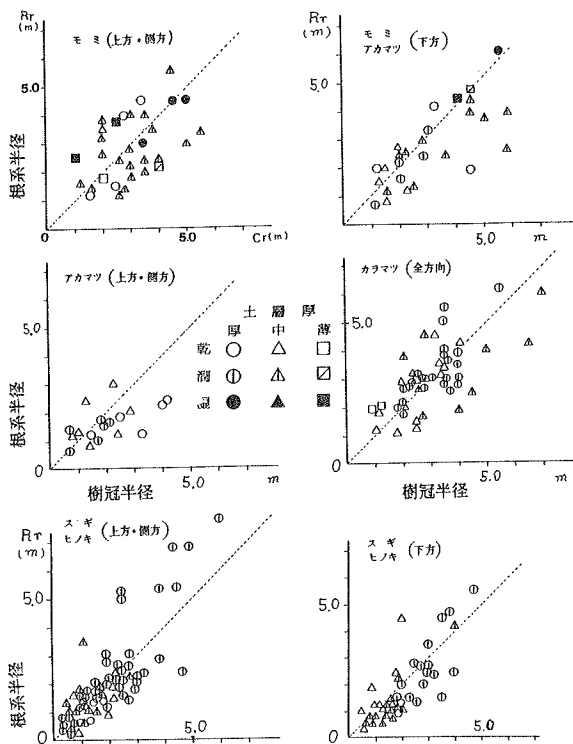


図-1-1 樹冠の水平分布と根系の水平分布との関係(針葉樹類)

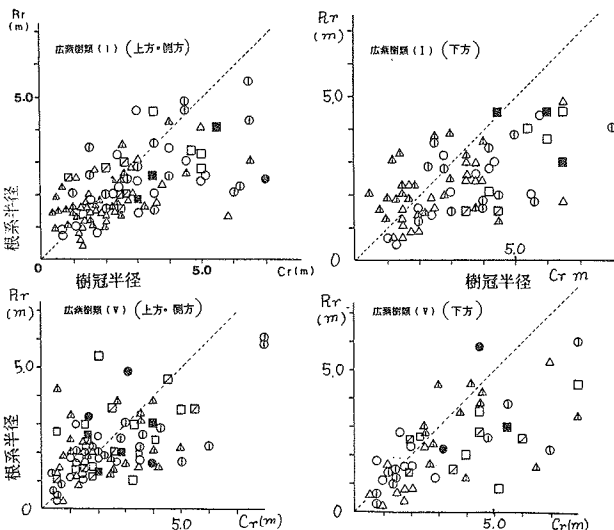


図-1-2 樹冠の水平分布と根系の水平分布との関係(広葉樹類)

ている。高齢林では隣接樹冠間に大きな間隙が出来るのが普通であるので、根系径が樹冠径よりも小さいとなると、当然根系間には、さらに大きな間隙が出来ることを意味している。しかしながら、これらの陽性樹種は高齢になると中・下層木の生育を許し、複層林を形成しているため、上下層木の根は互いに重なり合うことになり、森林全体としての根系の機能は高く維持されるはずである。なお、カラマツはモミ、アカマツとスギ、ヒノキとの中間的な様相を示している。

◇ 広葉樹林 ; パイオニア的な陽性広葉樹といわれる極盛相の構成樹種を含む一般の広葉樹とでは若干異なった様相を見せている。陽性樹種では幼～若齢時の根系は樹冠よりも広いが、高齢になると樹冠径よりも小さくなり、極盛相の主林木については高齢化してもそれほど小さくなっていない。当初、後者に対しては樹冠よりも大きく根系が生長していることを期待したのであったが、逆の場合も見いだされて、明確な傾向は把握しえなかった。したがって、一般的には隣接木間の根系の強い結び付きは期待されないことになる。

◇ 土壌の乾湿と根系の発達 ; 各関係図は土壌の水分環境(乾、潤、湿)、土層の深さ(深(2 m以上)、中(1~2 m)、浅(1 m以下))による区分によって識別しているが、相対的にみて、乾燥気味の環境ほど根系の広がりが大きく密度も高い傾向を見せている。つまり、乾燥環境では隣接木間の根系がよく重なり合っていると見て良い。これに対して湿性の環境下では根の絡み合いに乏しいと判断される。乾燥環境下では、少ない養分と水を吸収するために多量の根が必要なのに対して、湿性環境下では、水が潤沢なため植物は根をばびこらせる必要性が無いためと解釈される。

◇ 総合的に見た根系の広がり構成 ; すべての樹木が似通った根系の発達状況を示す訳ではなく、樹種と林齢によって異なった様相を見せている。とくにパイオニア的な陽性樹種が極盛相を構成するような長命樹種かによって傾向の違いが大きいためである。マツ、モミや陽性広葉樹の若齢林は樹冠よりも根系径の方が大きい確率が高いため、隣接木の根が互いに絡み合ってネットワークを發揮することも期待されるのであるが、スギ、ヒノキの若齢林では根系径が樹冠よりも小さいので、隣接木間の絡み合いを期待するのは無理のようである。壮～高齢林の場合、陽性の先駆樹種では林冠の鬱閉率が60~70%以下に低下する上に、根系径が樹冠径よりも小さくなるので、上層木相互間の根系の絡み合いは期待されない。しかし複層林を形成しやすいので、森林全体としてのネットワーク高く維持される場合が多い。これに対してスギ、ヒノキや極盛相の主林木樹種は高齢になるほど根系径が樹冠径よりも大きくなる気配を見せており、高齢になるほどネットワークは強大になることが期待される。

4 根系の深さ

根系の深さは、ある程度までは樹体の生長と共に増大しているが、堅密な基岩が浅いところに出現したり、過湿な土層が浅く出現したりすると、伸長せず、この点統計的には明確な傾向が見いだされなかった。図-2に土層の深浅で区分した胸高直径と根系深との関係を示しているが、樹木がある程度生長すると根系深は、一定値を示すようになり、その後は環境の制約を受けて深浅様々の様相を呈していることが読み取れる。

◇ 一般的な傾向として、乾燥傾向の土壌環境で、深くまで根が発達している。また、同様の乾性環境下で土層が浅い場合には、基岩にまで根を食い込ませている。土層が乾燥気味の環境では、水を求めて根を深層にまでも、伸長させることが植物にとって必要であり、逆に、湿性の環境下では、根を下層

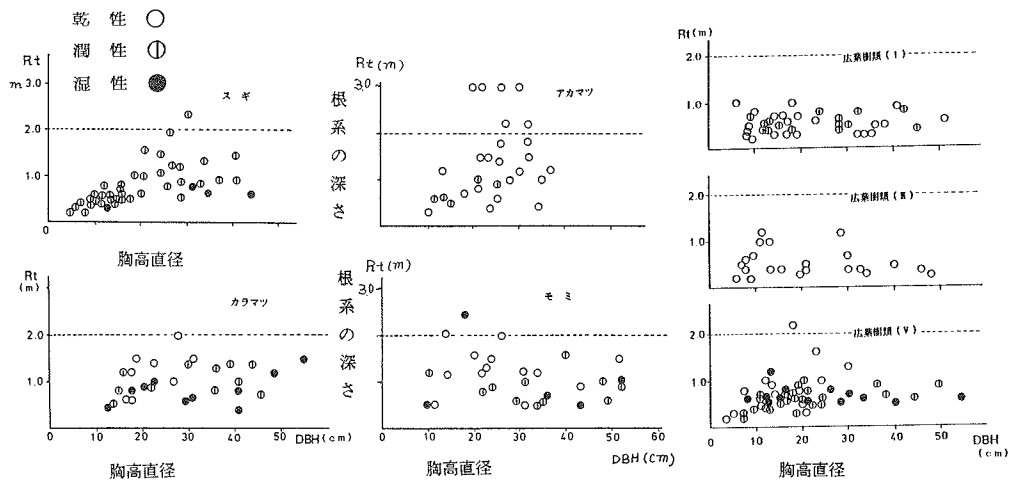


図-2 胸高直径と根系の垂直分布との関係(針葉樹類) (広葉樹類)

にまでも伸長させる必要性がないからであろう。また過度の湿性層に達すると根腐れを生じて、根の伸長が妨げられている。

◇ ここで最も問題になるのは、崩壊面と根系の深さとの関係である。特にこの点には強く着目して数多くの崩壊地を調査したのであるが、結論として言えることは「崩壊面の位置は堆積層、風化層等の地盤条件によって性格づけられており、浅深様々の深さの崩壊面があるが、根系の生育状況から見て、それが崩壊面に達している例は認められなかった」ことである。

5 土層内の根系構成から考えられる根系の崩壊防止機能

◇ 崩壊面内の杭作用(垂直根の効果) : 調査事例、観察事例を総合して判断すると、崩壊地の90%以上で、根系は崩壊面(滑り面)に到達していない。勿論、凸型の尾根型斜面上などでは、根系が基岩に達していることは多く、しかもそこには崩壊が発生していないことから評価すると、杭作用の存在を肯定出来るのであるが、最も崩壊が多発する凹斜面上では直接的な杭作用が見いだされなかったことになる。

◇ 土層表層での緊縛作用(平面的配筋) : 表層に分布する隣接木の根系が違いに絡みあい、この結果不安定部分が安定部分に連結されて崩壊しにくくなることが期待される。しかしながら、個々の根系の広がり(樹冠)と同等か、狭い状況下であり、しかも普通の森林の樹冠被覆率が70~80%であることを総合すると、隣接木の根系が全面的に連結していることは、まず期待されず、緊縛効果もそれほど大きくはないと判断された。ただ自然林では樹木が塊状に集まって生育するため、かなり広い根系ブロックが出来ていることや、高齢林では樹冠よりも根系の広がりが大きくなって全面的な連結も期待されるので、条件によっては局部的無いは全面的な緊縛効果を肯定することができる。