

国立林業試験場 ○阿部和時・岩元 賢・三森利昭  
 日本大学農獣医学部 石垣逸朗

### 1. はじめに

林木は主にその根系によつて表層崩壊の発生を抑止することが統計的に認められている。この効果を定量的に求めるためには表層崩壊と根系の関係を調べる必要があり、そのためにはまず、土層中の根系の量的な分布状態を把握しなければならない。これまでには造林・生態的立場からの根系についての研究<sup>(2)</sup>は多いが、林地の崩壊と関連づけて根系の効果を定量化できるような情報に関する研究<sup>(3)</sup>は少ないようである。著者らは林木根系による崩壊防止効果の定量化の一環として、立地条件の異なる地域における樹木根系の分布形態を調査継続している。本報では、これまでに行つたる地域での調査結果から、立地条件の違いが根系分布に与える影響と根系分布のモデル化について若干の考察を行つたので報告する。今回は、調査対象木に造林樹種として最も広く用いられているスギを選定した。

### 2. 調査地の特徴

調査は次の3地区において実施した。

水上地区：群馬県水上町、林業試験場宝川理水試験地内および日本大学水上演習林内。この調査地点の地質は第3紀の礫岩と安山岩で、表層土が薄く非常に多くの礫を含んでいることである。また、冬期間には積雪が多く、スギ・ヒノキ等の造林木は根曲りを起こしている。1985年7月には日雨量229mmの豪雨に見舞われ多数の崩壊が発生した地域である。

小松原地区：新潟県苗場山北斜面、小松原国有林内。この調査地点は冬期間の積雪が多く、ブナ天然林の伐採後、積雪のグライドや雪崩による雪食、崩壊が多発している所である。表層土は第3紀層で厚く、礫は少ない。造林木(スギ)は、はなはだしく根曲りを起こしている。

筑波地区：茨城県筑波山北斜面、林業試験場筑波共同試験地。この調査地点は基岩が花崗岩で、その上に表層土が1~2mの深さで存在している。表層土中の礫は少なく、根系の生長はよい。この地域内ではほとんど崩壊は発生してい

ない。

なお、表-1に調査対象木の諸元を示した。この中で、筑波地区の対象木は樹幹部を伐採、搬出後に調査を行つたため、地上部の諸元は不明である。

表-1 調査対象木の諸元

調査地 調査木番号	水 上				小松原		筑 波	
	M-1	M-2	M-3	M-4	K-1	K-2	T-1	T-2
根元直径 (cm)	5.0	11.5	18.6	17.5	10.0	7.5	22.0	18.0
D.B.H. (cm)	—	7.0	12.5	12.2	5.5	4.0	(伐採)	
高さ (m)	1.2	5.8	12.5	10.4	4.0	3.5		
樹齢 (年生)	6	17	24	26	15	15	70	70

### 3. 根系分布調査

根系分布調査は次に示すような方法で行つた。まず、林分内の平均的な大きさの測定対象木を選定してから、その地上部を伐倒して根系全体を傷つけないように掘り出す。つぎに、図-1に示したよ

うに地表面から10 cmごとの深さの面を想定して、各根系がこの面を横切る点で直径をノギスによって測定する。さらに、深さ10 cm間隔の土層区間内の根系長も測定する。この直径と長さの測定は、直径1 mm以上の全ての根系について行った。したがって、根系分布調査結果からは深さ10 cmごとの根系の本数、直径、長さ等の根系分布に関連する諸因子の変化を把握できることになる。

#### 4. 調査結果と考察

根系が土層を安定させる力は、根系を引き抜いたときの土と根系との複合的な抵抗力や根系自体の引張り抵抗力等によって評価することが、その一方法として考えられる。そのため、「深さ何cmの所には直径何mmの根系が何本存在する」といった形の情報を得られることが有益となる。そこで、根系分布調査から根系の直径を0~4.9、5.0~9.9、10.0 mm以上の3階級に分けて、深さ10 cmごとにそれぞれ何本の根系が存在するかを集計し、その結果をM-1、K-1、T-1について図-2に示した。

4-1 深さ方向の根系生育の特徴 各調査地の根系分布の特徴は次のようである。M-1は重量比で50~60%の礫が含まれている土壤に生育しており、その根系は深さ1 mまで侵入していた。さらに、その下層土も同じように礫を多く含む土であり、この土が基岩のように根の侵入を物理的に制限する因子にはならないが、根系は侵入していない。その原因の一つとして、造林学的には土壤中に礫が多く含まれ、さらに水分・養分を保持する大きさの土壤孔隙が少ないことが考えられる。したがって、礫質土壤では深さ方向の根の生育が良くないものと思われる。K-1は深さ70 cmまでしか根系は侵入していない。この地域の表層土は厚く、1 m以上あり、基岩はさらに深い部分にあるとみられるが根系の侵入状

態は悪い。その最大の原因は積雪のグライドによるものと考えられる。すなわち、積雪のグライドにより林木の地上部は斜面下方へ強く押されるので、根系はその力に効果的に抵抗するため斜面のやや上方向に浅い土層中に生育するものが多くみられる。したがって、必然的に深さ方向の根系の侵

入は浅くなるのであろう。T-1は深さ140 cmまで根系が侵入している。この地域の基岩は花崗岩で深さ1 m前後から現われるが、基岩の表面は亀裂があり、やや風化しているため、その間に根系が

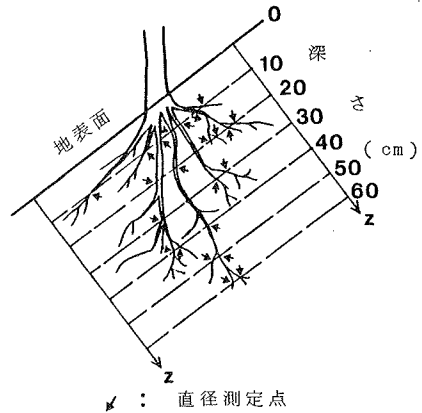


図-1 根系分布調査方法

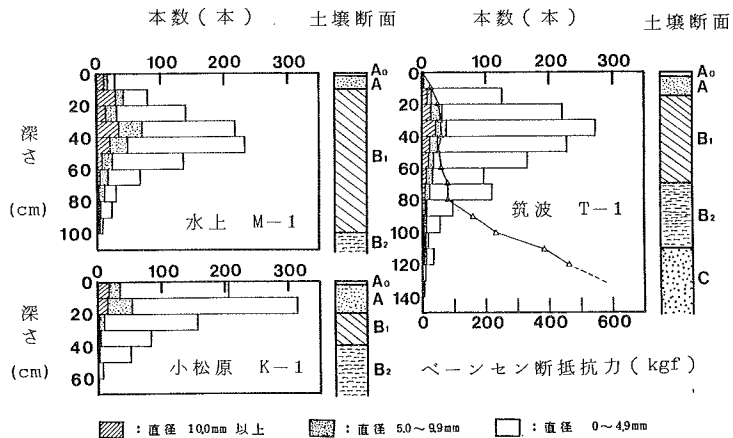


図-2 深さ方向の根系本数分布

深さ30 cm程度侵入している。すなわち、この地域では基岩が根系の侵入を制限する要因となっており、基岩がより深い場合には根系もさらに深くまで侵入できると考えられる。実際に林道切り取り法面では、深さ2 m以深にも根系が侵入している例が見られた。

4-2 直径階級別にみた根系の分布状態 全体的にみて、直径5 mm未満の根系が最も多く、本数割合で75~85%も占めている。その多くは深さ20~50 cmに集中しており、とくに積雪地帯の林木ほど地表面近くに多く集中する傾向は強いようである。5 mm以上の根系は15~25%を占めており、図-2にみられるように、その深さ方向の分布形態は全体の根系分布型とほぼ相似的な傾向がみられた。なお、著者らの調査(1)では表層型の崩壊スベリ面が生じる深さはおおよそ根系の侵入が制限される深さあたりに多いことを指摘したが、この深さでは10 mm以上の根系はほとんど存在しなくなることが今回の調査から推察でき、崩壊底面では主に10 mm以下の根系が作用しているようである。

以上のように、全体的にみると根系本数分布形態は深さ20~50 cmにピークがあり、その後深さが増すにつれ徐々に減少する型を示すが、立地条件によつては明瞭な違いが生ずる傾向がみられた。したがって、根系による斜面安定効果も地域の立地条件、とくに土壌、地質、積雪の有無によつてかなりの差があると考えられる。

#### 5. 根系本数分布の数量化モデルに関する一試み

前述のように、同じ樹種でも立地条件の違いによつて根系の分布形態は様々な型を示している。しかし、斜面の安定に及ぼす根系の効果を評価する場合には、その都度、根を掘り出して分布を測定することもできないので、簡単にその量的分布状態を把握することが必要になる。したがって、根系分布をできるだけ単純な数学モデルによつて表現できる方法を得ることは非常に有益なことになる。そこで、この調査で測定した8本の対象木の深さ別の本数分布をワイブル分布によつて表現できないかを検討してみた。

図-3はワイブル確率紙に深さ： $Z$  (cm)と累積本数分布割合： $F$  (%)をプロットしたものである。なお、深さ $Z$ における本数分布割合( $f(z)$ )は、 $Z$ における根系分布本数( $n$ )を全根系本数( $N$ )で割った値である。図に示したように、M-4とK-1を除いた各調査木ともにほとんどのプロットが直線上に乗っており、ワイブル分布への適応の可能性がかなり良いことを示している。

一般に、ワイブル分布の確率密度関係は(1)式によつて表わされる。

$$f(z) = \frac{m}{\alpha} (z - r)^{m-1} e^{-\frac{(z-r)^m}{\alpha}} \quad (1)$$

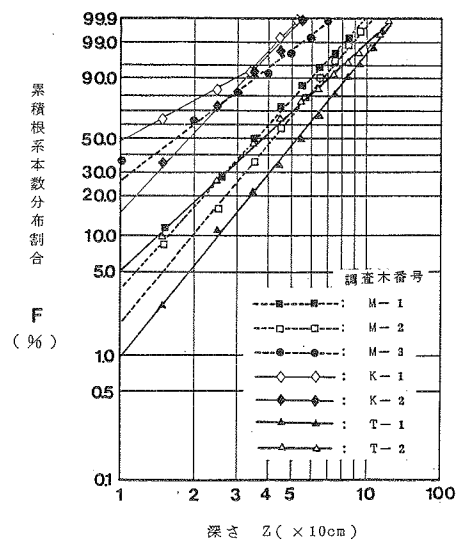


図-3 累積根系本数分布割合のワイブル分布への適応

(1)式中で、3つのパラメーター、 $a$ 、 $m$ 、 $r$ によつてこの曲線の形は決まる。 $r$ は位置のパラメーターで曲線の始まる位置を表わしており、根系分布の場合には地表面から分布が始まるから $r=0$ とした。 $a$ は尺度のパラメーターでこの曲線をZ軸方向に伸び縮みさせる作用をする。 $m$ はこの曲線の形を決めるパラメーターである。

図-3から、各調査木の $m$ と $a$ を求めると表-2のようになる。さらに、調査木ごとに $m$ と $a$ を(1)式に代入して深さ方向に確率密度を求めると図-4に示すようになる。この曲線と実測値の間に若干の差がみられるが、だいたい根系本数分布を表わしているものと思われる。ここで求めた $m$ と $a$ はともに立地条件によつて変わるパラメーターと考えられる。 $a$ は根系が深く侵入するほど大きくなる傾向を示し、また $m$ は

表-2 各調査木のパラメーター

調査木番号	$m$	$a$	$m/a$
M-1	2.29	25.9	8.8
M-2	2.46	48.6	5.1
M-3	1.60	3.2	49.7
T-1	2.54	99.2	2.6
T-2	1.94	19.3	10.1
K-1	2.19	6.0	36.4

$a$ との関係があるため、 $m/a$ によつて比較すると本数分布のピークが大きいほど、またピークが地表面に近いほど大きくなる傾向を示している。すなわち、K-1やM-3など豪雪地帯や質土壤などで根系の生育が地表近くに多くなる立地条件下では $a$ は小さく、 $m/a$ は大きい値を示し、また表日本側で積雪がなく、生育の良好な土壤があるような立地条件下では $a$ は大きく、 $m/a$ は小さい値をとるようになる。したがつて、あらかじめ様々な立地条件に対応する $m$ と $a$ を把握することができれば、立地条件を知ることによつてワイブル分布モデルから根系の分布状態を推定することが可能になると考えられる。

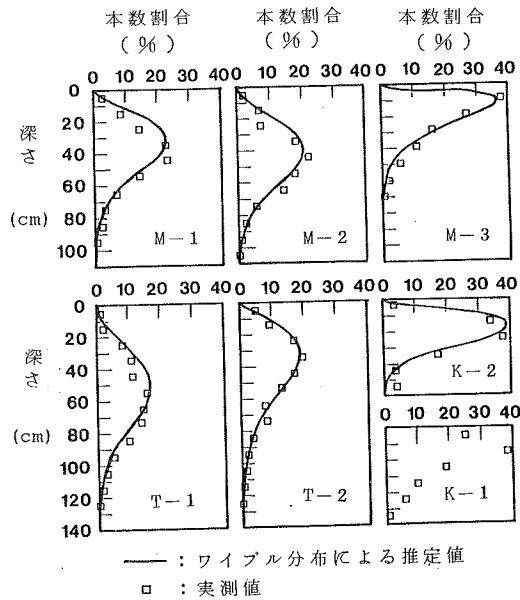


図-4 ワイブル分布による推定値と実測値の比較

#### 6. おわりに

林木の根系分布は土壤や気候などの立地条件の違いによつて異なることを示した。また、いろいろな形態を示す根系分布はワイブル分布によつてモデル化できる可能性を示した。今後も、各種の立地条件下での根系調査を行うとともに、根系分布のモデル化のために根系の生長に関連する土の物理的性質や地質、気候などの因子と $m$ 、 $a$ のパラメーターの関係を検討したいと考えている。

#### 参考文献

- (1) 阿部・岩元・石垣他：崩壊地における林木根系分布の実態、96回日林論、639~642、1985
- (2) 刈住：樹木根系図説、誠文堂新光社、1979
- (3) 塚本・太田・北原他：樹木根系の分布再現モデル、日林誌、56~65、1982