

1. はじめに

山地において林木根系が土層中に含まれると、土層のせん断抵抗力は増大して斜面の安定に大きな影響を与える。しかし、森林施業や国土開発に伴う伐採が行われると根系はしだいに腐朽し、せん断抵抗力が低下して斜面は不安定な状態に向う。一方、健全な森林を造成することができれば斜面をより安定した状態で維持できることも可能である。そこで、防災的な配慮をした森林施業を実施する場合には、その根拠として林木根系の有する物理的な効果を定量的に評価することが要望される(1, 3)。

本報告は、林木根系による斜面安定効果の定量的評価を把握する一環として、森林施業に伴う植生状態の変化と山崩れ発生の関係を既往の空中写真と日降水資料を用いて時系列的に検討するとともに、崩壊跡地に残存する根系調査と立木根系分布調査から山崩れ発生防止に対する根系の効果を推察することにした。

2. 調査方法

本調査は群馬県にある国立林業試験場宝川理水試験地内の初沢流域を対象とし、次の2項目を中心に調査を行った。

(1) 植生状態の変化と崩壊発生の関係：当流域では空中写真が1959, 1966, 1968, 1973, 1974, 1982, 1983年に撮影されている。これらの写真から崩壊の発生状況(個数, 面積, 分布)を判読し、さらに50mmを越す日降水量の記録と量水ダムにおける流出土砂量の測定結果、施業による森林状態の変化等を考慮して崩壊に対する森林の影響を検討する。

(2) 崩壊に対する根系の影響：1983年7月の豪雨によって発生した崩壊地から植生状態の異なる4ヶ所(天然林, スギ17年生林, スギ6年生林, 雑木林;それぞれ第1, 2, 4, 3崩壊地とする)を対象地にして、崩壊跡地に切断されて残存する根系の分布状態と切断直径の調査と、これらの崩壊地に隣接して生育する立木の深さ方向の根系分布調査から、崩壊時に作用したと推定される根系の量と作用状況を検討した。

3. 調査地の概況

初沢流域の地形図を図-1に示す。主な流域諸元は、平均勾配2.48、平均高度1067m、

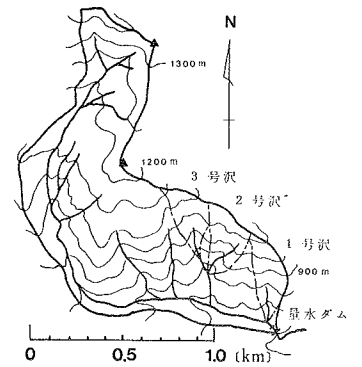


図-1 宝川初沢流域の地形図

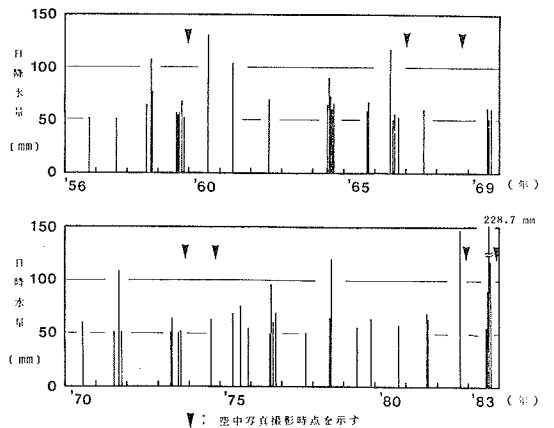


図-2 宝川気象観測基地における日降水量50mm以上の降水量記録

流域平均面積117.9haで、地質は主に第3紀の凝灰岩層で、一部に第4紀の押し出し堆積地がある。年平均降水量は約2100mm、このうち40%は冬期間の降雪によるものである。図-2は空中写真の撮影が始まった1954年より3年前の1956年から1983年までの28年間の宝川気象観測基地における降水資料から、崩壊発生の誘因になると考えられる日降水量50mmを越すものだけを示した。日降水量50mm以上の降雨はほぼ毎年のように発生するが、100mmを越す降雨はこの28年間に9回で、200mm以上の降雨は1983年7月の集中豪雨(228.7mm/day)だけである。この記録は1947年カスリン台風による219.5mmを上回り、観測開始以来の最大日雨量であった。図-3は初沢流域における森林施業の経緯を示している。この流域は元来ブナ、ヒバ、ミズナラを主体とする天然林で、1948年まではその状態が維持されていた。その後、理水試験のために1953年までに流域全体で50%の択伐が実施され、さらに1961~1963年にかけて残されていた林木が皆伐された。ただし、1957年に設置された1、2、3号沢理水試験区では1948~1953年の50%択伐後、それぞれ図-3に示した施業が実施され、現在では1号沢と3号沢だけに天然林が残されている。

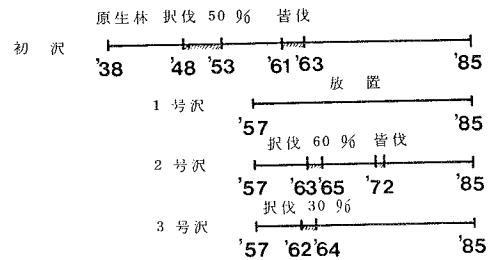


図-3 初沢流域における森林施業の実施状況

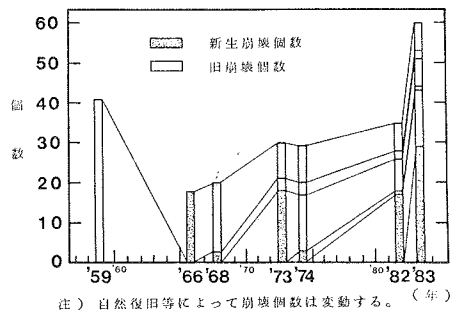


図-4 初沢流域における崩壊個数の変化

#### 4. 結果と考察

##### 4.1 植生状態の変化と崩壊発生の関係

図-4はこれまでに調査地域を撮影した7種類の空中写真から判読した崩壊個数の変化を表わしたものである。1966年以降の空中写真では、その前に撮影された写真と対比することで、それぞれ新生崩壊地あるいは何年からの旧崩壊地であることを示してある。1959年の空中写真では41ヶ所の崩壊地が存在した。この図に示されるように、その数はやや多い方で、1953年まで行われていた50%択伐が伐採しやすい谷部を中心に実施されたため、1958、1959年の豪雨によって谷頭部分で崩壊が多数発生したものと考えられる。1961~1963年の皆伐後の1966、1973、1982年の空中写真ではそれぞれ18、18、17ヶ所で新生崩壊地がみられる。これらの空中写真が撮影される以前の日降水量の状況は、50mm以上はほぼ毎年のように、また100mm以上は1~3回程程度発生している。1968、1974年では日降水量50mm強の降雨が1回あつただけでも数ヶ所で崩壊が発生するなど、降雨量と崩壊発生の関係について明らかな傾向を把握することはできなかつた。しかし、このように森林伐採後10~20年に渡って、とくに1983年の豪雨を除いては、きわ立って大きな降雨もないのに1982年までに60ヶ所で新生崩壊が次々と発生した。この事実は北村が抜根試験(3)によって図-5に示したように ①伐採された林木根系の腐朽による引張強度や土壌緊縛力の減少と、②積雪地帯での皆伐跡地に頻発する積雪のグライドによる根株の転倒等が重要な原因と考えられるであろう。1983年の観測開始以来最大の228.7mm/dayの降雨で

は、29ヶ所の新生崩壊地や旧崩壊地の拡大、また他の天然林が残る流域でも所々に崩壊地が発生するなど、この地域にとってはどの斜面でも危険であったと言わざるをえない日降雨量と考えられる。

表-1は1, 2, 3号沢における崩壊地の数を示してある。1号沢は1948~1953年の50%択伐後、放置状態のまま、現在では林冠がうつ閉状態まで回復している。2号沢は低木が繁茂しているが高木は生育していない。3号沢は谷筋を中心に65%の択伐が行われたため、高木が侵入していない斜面が多くみられる。崩壊の状況をみると林相が回復してきた1号沢では1983年の豪雨によっても崩壊は発生していないが、2, 3号沢ではそれぞれ6, 7個の崩壊地が存在した。3号沢では無立木状態の谷頭を中心に崩壊が発生しており、結果的に2号沢と同程度の荒廃状態になった。図-6は各量水堰の沈砂池に堆砂していた土砂を排土した際に測定した土砂量である。この土砂量は崩壊した土砂が途中で堆砂したり、渓床堆積物の再移動などの結果であるため、直接崩壊発生数と関連づけるのは難しい。しかし、1984年に測定した土砂は1983年豪雨により直接流出したもので、1, 2, 3号沢の土砂量を比べてみると1号沢の値は2, 3号沢の約20~30%で、適切な森林施業を実施した結果が表われていると考えられる。

以上のように、森林を皆伐した流域では10~20年の間は、毎年発生するような日雨量50mm程度の降雨あるいは2~3年に1度の割合で発生するような100mm程度の降雨によっても、次々と新しい崩壊が発生する傾向がみられた。また、1号沢のように択伐を平面的に均一に行う方法は防災上望ましい施業方法と考えられる。

#### 4.2 崩壊に対する根系の影響

表-2は調査崩壊跡地の底面と周縁部に残存していた根系(以下、残根と称する)の単位面積当りの本数を、切断されていた直径1mm以上の残根と5mm以上の残根に分けて示してある。全体的に残根本数

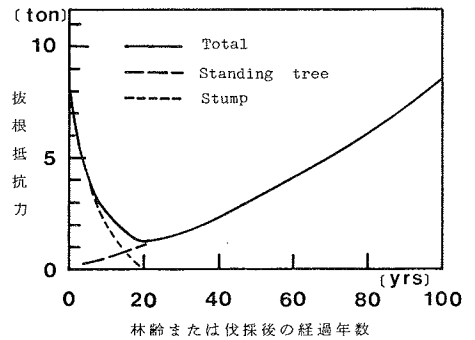


図-5 ブナの抜根抵抗力と林齢または伐採後の経過年数の関係 (北村)

表-1 1, 2, 3号沢における崩壊数

	1号沢	2号沢	3号沢	関連する降雨(mm/day)
1966	0	1	1	119.5
1968	0	0	2	60.1
1973	0	0	1	64.0
1974	0	0	1	64.1
1982	0	3	1	148.0
1983	0	6	7	228.7

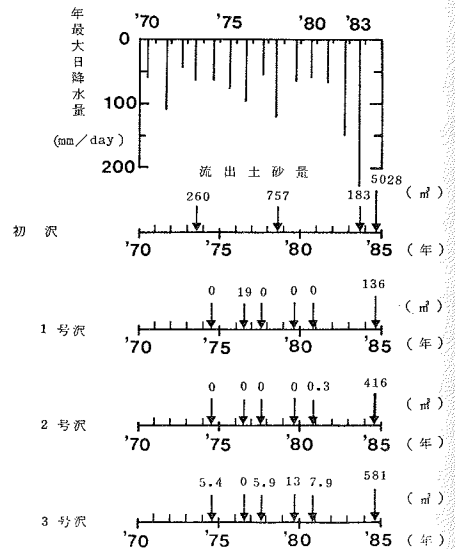


図-6 初沢、1, 2, 3号沢量水堰における流出土砂量

は少なく、とくに崩壊に対する抵抗力が大きいと思われる切断直径5mm以上の根系をみると、底面にはわずかに100㎡当りに数本の割合でしか存在していない。周縁部では底面より約10~100倍の残根が存在するが、それでもその分布密度は約1~2本/㎡で、それ程多いものではない。また、底面では森林状態の違いが残根本数に表われていないが、周縁部では第1崩壊地を除いて森林状態の良い林地ほど残根本数が多い傾向にある。すなわち、周縁部での根系の効果は林相の良い森林ほど大きいと考えられる。なお、第1崩壊地は巨れき混りの土壌構造で空隙が多く、根系は2m以深にまで分布しており、周縁での分布密度は小さくなっている。図-7は第1, 2, 4崩壊地に接して生育していた立木の根系材積を示したものである。

表-2 崩壊地底面と周縁における単位面積当りの残存根系本数 (本/㎡)

	$\Phi \geq 1 \text{ mm}$		$\Phi \geq 5 \text{ mm}$	
	底面	周縁	底面	周縁
第一崩壊地	0.23	1.16	0.03	0.43
第二崩壊地	0.26	4.43	0.04	2.05
第三崩壊地	0.62	3.59	0.01	1.29
第四崩壊地	0.51	2.00	0.07	0.79

$\Phi$  : 残存根系の直径

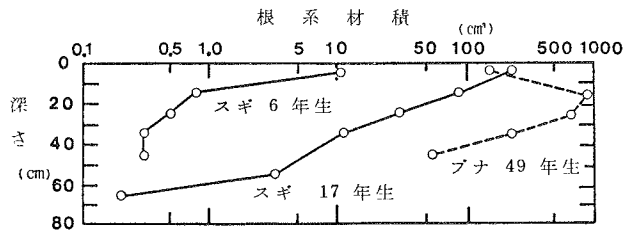


図-7 深さ方向の根系材積分布

ブナは岩れきの多い土壌に生育していたため、根系全体を掘り出せず、図中の値は掘り出せた根系だけの材積を示してある。したがって、実際はこれよりかなり大きい値を示し、また残根調査から深さ2m以上に分布していることが確認されている。一方、第1, 2, 4崩壊地の平均崩壊深はそれぞれ1.9m, 0.8m, 0.5mで、いずれも深さ方向の根系分布がなくなるあたりでスベリ面が発生している。すなわち根系が多く分布する深さでは、根系により土層のせん断抵抗力が大きくなりスベリ面が発生しにくくなると考えられる。また、深さ方向の根系分布は土壌条件に大きく影響されるが、一般に生育状態の良い林分ほど深くまで分布する。

以上のように、立派な森林ほど崩壊が発生する場合には、周縁部での根系による抵抗力が大きく、また、スベリ面の発生位置が深くなることになり、結果的には崩壊は発生しにくくなるものと考えられる(2)。

#### 5. おわりに

既往の空中写真による林相や崩壊地の判読結果と水文資料等を総合的に検討した結果、林相の変化と崩壊発生の関係がこれまでの研究よりさらに明確に把握することができた。今後は宝川理水試験地に隣接するブナ原生林や他の地域においても、林相の変化と崩壊発生の関係について時系列的な調査を継続する。また、根系の効果の定量的評価も進めて防災的な森林施業のあり方について検討を行う。

#### 引用文献

- (1) 阿部・岩元：土層のせん断強度におよぼす樹根の影響，昭和59年度砂防学会研究発表会講演集
- (2) 阿部・岩元・吉野・石垣・垂水：崩壊地における林木根系分布の実態，96回日林論，1985
- (3) 北村・難波：抜根試験を通して推定した林木根系の崩壊防止機能，林試研報，313，1981