

樹林の表面侵食抑制効果に関する基礎的検討

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所；星野和彦、久内 忠
住鉦コンサルタント株式会社建設コンサルタント本部防災事業部砂防部；山下伸太郎、○佐光洋一
京都大学大学院農学研究科；水山高久、小杉賢一朗

1. はじめに

六甲山系では、平成7年の阪神淡路大震災を契機に、新たに土砂災害の防止に加え無秩序な市街化の防止や自然環境の保全などを目的とした、グリーンベルト整備事業により積極的に樹林帯の整備を実施している。しかし、樹林が回復、維持されることによる防災上の効果については、多くの調査研究が実施されているが、未だ樹林の効果は定量的に評価されていない。また、これを定量評価するには、樹林の樹種や林相だけでなく地形、地質、土壌等の影響が複雑に関係しており、現地における経年的なモニタリング調査は不可欠である。そこで、樹林の効果を定量的に把握・予測することを目的に、六甲山系で表面侵食土砂量・表面流量等の観測を試みたので紹介する。

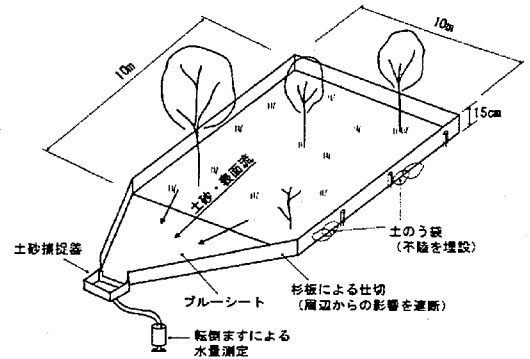


図-1 計測イメージ

2. 試験地及び観測方法の概要

六甲山系内に①林分②表土層の状況③斜面勾配④林床植生等を調査し試験地(コドラート)を12箇所設置した(図-1計測イメージ)。コドラートに関する基本情報は右の表に示すとおりである。コドラートでの観測は、集水した表面流量を転倒マスを用いての1時間あたりの水量で記録するとともに、土砂捕捉器に堆積した土砂を月1回サンプリングし、乾燥重量及び粒度特性を把握している。

表-1 コドラート基本情報一覧

| 調査地点 | 林分名 | 整備区分 | 立地情報 | | | | 林況 | | | | コドラート面積 | | 特記事項 | | | |
|------|---------|------|------|----|----|----------|---------|------|------|---------|----------|------|------|-------|--|--|
| | | | 標高 | 方位 | 傾斜 | 表土層厚(mm) | 土壌 | 地形 | 立木密度 | 平均樹高(m) | 平均冠径(cm) | 下層植生 | | 照度 | 面積(m ²) | |
| 1 | 裸地・崩壊地 | I | 660 | NE | 40 | 5.0 | A0層無 | 谷部 | - | - | 少ない | 明るい | 4×4 | 16 | 植生はほとんどなく、シダ類が生育。落葉層は下部に一部確認された。深い窪をつくるようなナリーが確認され、土砂が安定していない。 | |
| 2 | 裸地・崩壊地 | I | 490 | NE | 38 | 13.3 | A0層有、様多 | 尾根部 | やや疎 | 2以下 | 5 | やや少 | 明るい | 6×6 | 36 | 樹木は少ない(5本、1.2m以上)が、実生が斜面全域で確認される。マツの根元の落葉や土がたまる箇所ではススキ(草本)が生育する。露頭が5箇所ほどあるが、軽石はあまりない。侵食跡は深いのと浅いものがあり、斜面全域で確認された。 |
| 3 | ヤシヤシ林 | II | 360 | NE | 31 | 5.0 | A0層有 | 斜面上部 | やや密 | 10 | 20 | 密 | やや明 | 10×10 | 100 | 斜面全体に落葉層が広がる。1.2m以上の樹木が多い。木の根が露出している箇所がある。侵食跡は溝の深いナリー状をなし、その周辺部で落葉層が流出する。 |
| 4 | スギ・ヒノキ林 | | 300 | SE | 25 | 3.7 | A0層有 | 斜面中部 | やや密 | 18 | 20 | 少ない | やや暗 | 8×6 | 48 | 斜面全体に落葉層が広がる。シダ類や樹木の実生は落葉層のあるところが多いナリー、アザミなど、樹高30~100cm。侵食跡は斜面下部で多く、西方向に流れる傾向がある。 |
| 5 | ニセアカシア林 | | 430 | NE | 38 | 4.0 | A0層有 | 斜面下部 | 疎 | 15 | 25 | 密 | やや明 | 10×10 | 100 | 高木はニセアカシアのみで下層にはナリーが密生し、被度・群度は5・5、樹高は0.8m。メッシュ調査は不可能。調査区内外にニセアカシアの倒木が多数あり(直径20~30cm)、地形の詳細は不明。小根が点在。 |
| 6 | アカマツ林 | | 340 | SE | 33 | 8.3 | A0層有(薄) | 斜面中部 | やや密 | 10 | 20 | 少ない | やや明 | 8×8 | 64 | 落葉層が広がっており、倒木や枯れ枝が多量確認される。点在する木の上部に落葉がたまる傾向がある。侵食跡は斜面上部で広く確認され、下部では少ない。浅い水路のような形状が多い。 |
| 7 | アカマツ林 | III | 810 | NE | 35 | 5.0 | A0層有 | 斜面中部 | やや疎 | 15 | 30 | 密 | やや暗 | 8×10 | 80 | 下層植生にスギが密生する。被度・群度は4・4であり、全体の約70%を占める。樹高は1.2m。土砂又は崖面に生育しており、ほとんどが倒伏する。侵食跡は浅く、多量の土砂の移動は確認されない。 |
| 8 | ヤシヤシ林 | | 710 | SW | 38 | 3.7 | A0層有 | 斜面下部 | 疎 | 12 | 20 | やや密 | 明るい | 10×6 | 60 | 斜面中部にスギが生育する。被度・群度は3・3で全体の約50%。樹高は1m。露頭にはコケが生える。侵食跡は所々深い溝になっており、土壌は露頭が風化した硬質土である。表層のA層は流出したものと考えられる。 |
| 9 | コナラ2次林 | | 260 | NW | 41 | 7.0 | A0層有 | 尾根部 | やや疎 | 15 | 30 | 少ない | 明るい | 10×10 | 100 | 落葉層が斜面下部に分布。斜面上部では木の露出が多く、表層土壌が安定していないとみられる。全体に軽石が多く、侵食跡は浅い形状である。 |
| 10 | コナラ2次林 | III | 680 | SW | 38 | 8.7 | A0層有 | 斜面上部 | やや密 | 12 | 20 | 密 | やや明 | 10×10 | 100 | 落葉層が斜面下部に分布。実生は草花類(スギ、シヤク)が生育。落葉が選別する。斜面全体に軽石が多い。侵食跡は浅い形状で、斜面全域で確認された。 |
| 11 | 森林整備調査地 | | 340 | SE | 23 | 4.3 | A0層有 | 斜面中部 | やや疎 | 12 | 20 | 密 | 明るい | 10×10 | 100 | 高木はなく、樹木は植栽されたシロヤシやイロシシの幼木である。下層にはナリーが密生、被度・群度は5・5、樹高は0.5m。石積み以外は地形に大きな差異はなく、植生もナリーが優占し一帯である。 |
| 12 | 常緑林 | III | 160 | NW | 31 | 14.3 | A0層有(薄) | 斜面中部 | やや密 | 11 | 30 | 少ない | やや暗 | 10×10 | 100 | 落葉層は傾斜が緩やかな斜面上部でまとまって分布するが、傾斜がきつくなる斜面下部ではハナフシに分布する。侵食跡は斜面全体に点在し、木の露出がみられる。 |

※1傾斜は、コドラートの縦断方向の仕切板の傾斜をクリノメータで計測し、平均した値である。

3. 検討の結果

観測は、平成15年2月より開始¹⁾し、現在も継続中である。本報告では、平成16年1月までの1年間のデータを用いて整理解析を行った。

①表面流量量について

観測結果から、林分により発生する表面流量量に差異が生じていることが確認された。表面流量量は、林内降雨に樹冠が影響していると考え、時間雨量(以下雨量)に照度を乗じた補正雨量を用いると比較的相関の高い結果を得られた。観測結果の一例として示した樹冠考慮時の雨量と表面流量量の関係図(図-2)より、No.7の例のように相関係数(R²)は概ね0.6以上を示すがNo.6, 8, 9では相関は悪い。No.8は発生している流量量が非常に微量であり、観測精度上の課題

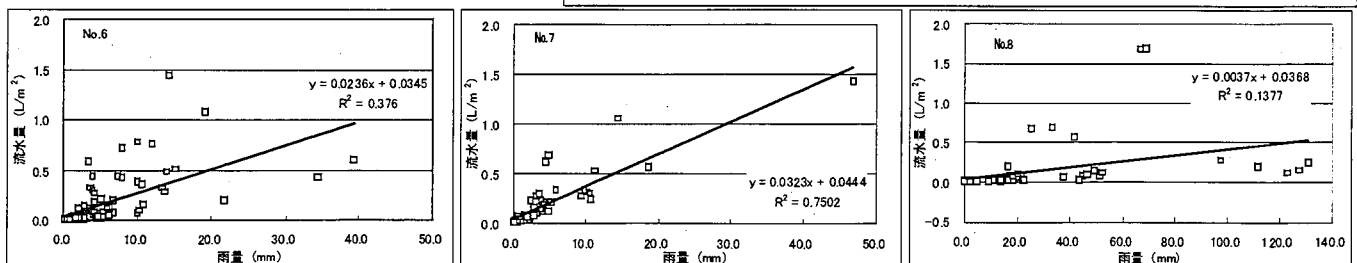


図-2 雨量と表面流量関係図

がある。No. 6, 9は照度による樹冠の評価法や落葉層の発達など林分の特徴が影響している可能性などが考えられる。また、全体に関係がばらつくのは、地表面の土壌水分状態も表面流量に影響していると考えられる。

①表面侵食土砂量について

斜面での侵食は、雨滴による侵食や流水による侵食が一般的であるが、ここでは侵食土砂がどちらの現象による発生かは考慮せず、侵食土砂はトラップまで表面流により流送されたと判断した。そこで土砂捕捉器にトラップした土砂と表面流量の関係について検討した。また、表面流量は、観測実測値を用いている。侵食土砂量は、コドラート設置時や動物や人的な踏み荒らしなどの影響とみられるデータは除外した上で、解析に用いた。

図-3には、表面流量-表面侵食土砂量の関係図の一例を示す。データのばらつきはあるがNo. 4の例のようにトラップされた土砂量が、相対的に多い箇所については正の関係が確認できる。しかし、No. 5の例のように1ヶ月の単位面積1m²あたりの侵食土砂量が10g以下となった箇所については、相関関係は確認できない。これは主に下層植生が発達している斜面や表面流量が微量な斜面にみられる。

データがばらつきを示す要因としては、林分特性の他に自然な斜面表面の凸凹が関係していると考えられる。また、斜面が急傾斜になると土砂量が増加するなどの勾配が侵食土砂量の差異に影響する結果は、確認できなかった。

4. 考察

観測データをもとに行った回帰分析より、表-2、図-4に示すような結果が得られた。コドラート12箇所の内、比較的相関の高い式を得られたのは、表-4に示すとおり5地点、4林分であった。それ以外の1ヶ月の侵食土砂量が10gを下回る斜面については雨量と表面侵食量との相関は見いだせなかった。図-5より、裸地・崩壊地とスギ・ヒノキ林の侵食土砂量が多く、スギ・ヒノキ林を除く被植地の侵食土砂量は、相対的に少ない(1/4~1/5程度)。また、ニセアカシヤ林や森林施業地のように下層植生が発達しているコドラートでは、侵食土砂量が非常に少ないことが観測結果から明らかとなった。

以上の結果をもとに平成15年度の雨量を用いて、住吉川流域(面積約11km²)の植生区分と表-2の相関式の林分を対応させ、流域全体の年間表面侵食量を算出すると約140m³という結果が得られる。

5. おわりに

今回、樹林の効果として、平時の表面侵食土砂量に着目した現地観測を六甲山系で行った。観測結果から小規模降雨時の表面流及び表面侵食の発生と斜面環境(植生の分布等)による差異があることが明らかとなったといえる。しかし、今回1年間の観測においては、連続雨量の最大が127mmで、連続雨量が50mmを超えた回数が8回、降雨強度も最大28mm/hと1年を通してあまり規模の大きな降雨は発生しなかった。このため大きな降雨でのデータが乏しく、用いた観測データが規模の小さな降雨の場合となっていることから、十分な表面侵食量の定量把握のため、観測の継続によるデータの蓄積に期待するところが大きい。

今後も表面侵食現象の定量化のため、今後の継続的な観測を行い、より詳細な解析検討を行っていく予定である。また、下流への土砂流出の観点をふまえると、表面侵食現象により生産されている土砂が斜面形状による貯留や集水による流出などの供給過程について、現地観測によるデータの取得と解析を試みたいと考えている。

*1) 参考文献：柳澤ら；樹林の防災効果の定量化に関する現地計測の試み、平成14年度砂防学会研究発表会概要集

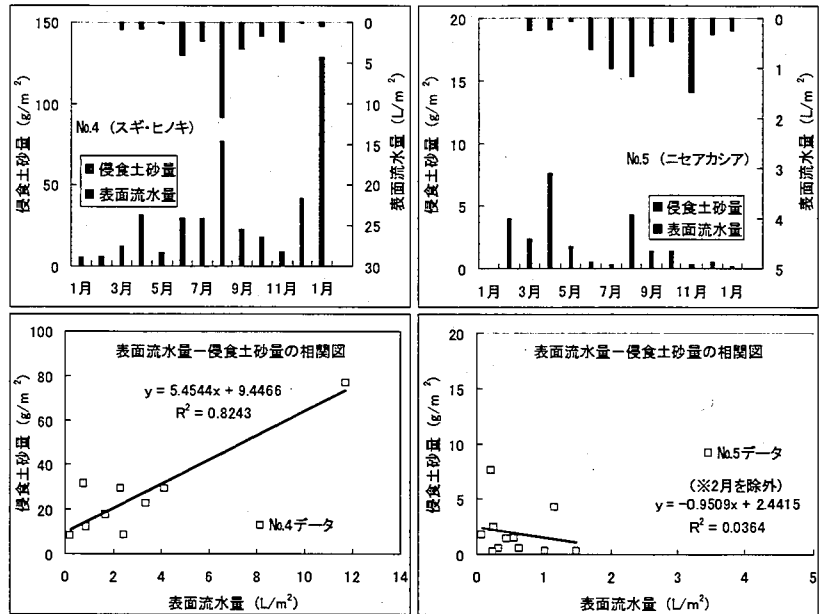


図-3 観測結果と関係図

表-2 林分別相関式一覧解析結果一例

| 林分名 | 相関式 | | 侵食土砂量 平均値 (g/m ² /月) | 摘要 |
|---------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------|
| | 照度補正後の雨量 (x)と表面流量(y) | 補完の 表面流量(x)と 侵食土砂量(y) | | |
| 裸地・崩壊地 | y=0.0675x-0.3551 | y=26.991x+39.79 | — | ※No.1・2 |
| ヤシヤシ林 | y=0.4717x-0.0305 | — | 7.4 | No.3 |
| スギ・ヒノキ林 | y=0.0294x-0.0605 | y=14.809x+13.674 | — | No.8 |
| スギ・ヒノキ林 | y=0.4375x+0.0062 | y=5.4544x+9.4466 | — | No.4 |
| ニセアカシヤ林 | y=0.1433x+0.0152 | — | 2.1 | No.5 |
| アカマツ林 | y=0.0323x+0.0444 | — | 1.4 | ※No.6・7 |
| コナラ2次林 | y=0.0259x-0.0054 | y=8.3473x+14.14 | — | No.9 |
| コナラ2次林 | y=0.0179x+0.0321 | — | 3.8 | No.10 |
| 森林整備施業地 | y=1.5712x-0.2825 | — | 4.7 | No.11 |
| 常緑林 | y=0.0582x-0.0018 | — | 9.0 | No.12 |

※裸地・崩壊地の雨量と表面流量の相関式は、No.1地点の式を採用した。

※アカマツの雨量と表面流量の相関式は、No.7地点の式を採用した。

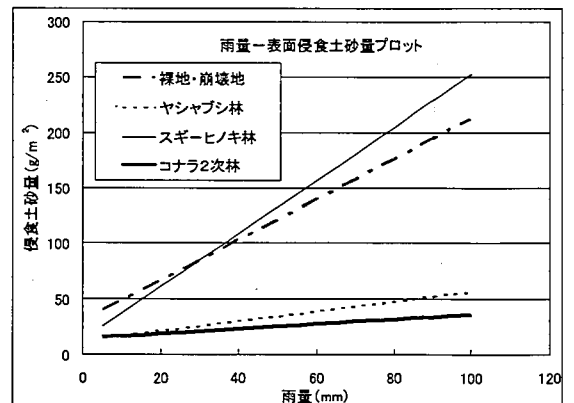


図-4 雨量-表面侵食土砂量関係図
(相関式をもとに作成)