

水文・土砂動態観測による六甲山系の斜面での土砂生産機構に関する検討

近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦・河野貴司

国土防災技術株式会社 小菅尉多・山崎 勉・○土佐信一

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、1995年の兵庫県南部地震を契機として、グリーンベルト整備事業が進められている。この事業に期待する機能は多岐にわたるが、その中の一つに森林の表面侵食防止機能が挙げられ、森林を整備することにより平年流出土砂量を少なくすることが期待される。また、森林の整備に伴う根系の発達には表層崩壊防止機能が期待できるが、表層崩壊を完全に防止することは不可能である。そのためこの表層崩壊がどこで、どのようなタイミングで発生するかを解明することは、ハード対策・ソフト対策上で重要である。

以上の観点から、六甲山系で2003年以降実施された水文・土砂動態の観測結果を用いて、①森林の表面侵食防止機能、②水文観測に基づく表層崩壊の発生機構について若干の考察を行った。

2 調査の概要

六甲山系では2003年以降、図1に示す位置で水文・土砂動態観測を実施している。図中のNo.及びSRでは、森林状態の異なる100m²程度の小区画を13箇所設け、1ヶ月当たりの侵食土砂量等を計測している。SEでは、上記の小区画を含む0.0036~0.0448km²の8箇所の小流域の末端において、流出量及び流出土砂量（月1回、回収して重量計測）を計測している。SFでは、0.0011~0.0203km²の11箇所の小流域において、崩壊検知センサーを複数箇所設置し、崩壊発生時刻を捉える準備をするとともに流域末端で、流出量、その電気伝導度・水温及び小流域内の地下水位を計測している。

また、六甲山系のグリーンベルト整備事業は、斜面を整備区分Ⅰ（荒廃地域あるいは荒廃が予想される区域）、整備区分Ⅱ（土砂災害防止の観点から森林整備を必要とする区域）、整備区分Ⅲ（現状で良好な樹林が形成され現状のまま保全する区域）に区分して実施している。

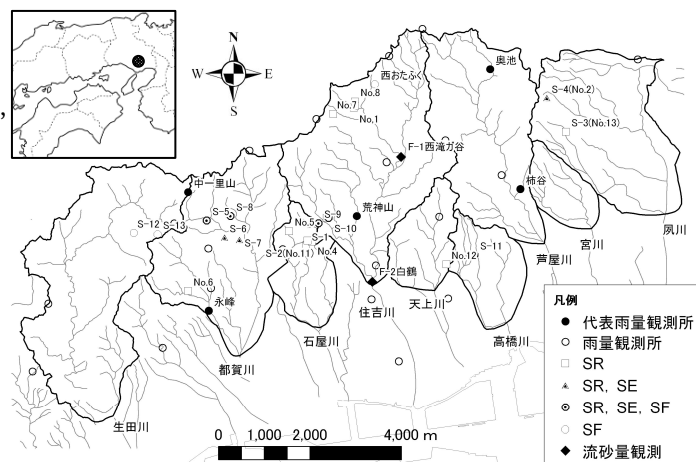


図1 調査位置図及び観測位置図

3 森林の表面侵食防止機能

3.1 観測結果

(1) 森林状態の異なる小区画での表面侵食防止機能

森林状態の異なる小区画（約100m²）の1ヶ月当たりの表面侵食土砂量の経年変化の観測結果を図2に示す。同図より以下のことが読み取れる。

①グリーンベルト整備区分Ⅰ（裸地・崩壊地）の1ヶ月当たりの侵食土砂量は多く、逆に整備区分Ⅲ（良好な森林域）では少ない。②グリーンベルト整備区分Ⅱ（整備が必要な森林）の1ヶ月当たりの侵食土砂量は、森林の状態により整備区分Ⅰ～Ⅲの間でバラつく。

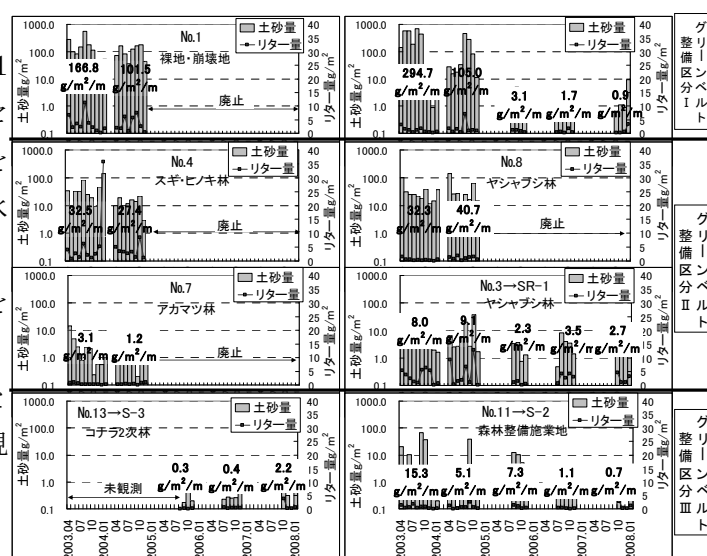


図2 各小区画における侵食土砂量の経年変化

(2) 森林状態の異なる小流域(SE)からの流出土砂量

森林状態の異なる小流域 ($A=0.0036\sim0.0448\text{km}^2$) からの1ヶ月当たりの侵食土砂量の経年変化の観測結果は図3のとおりである。同図より以下のことが読み取れる。

①小区画での観測結果と同様にグリーンベルト整備区分Ⅰの小流域からの流出土砂量が最も多く、逆に整備区分Ⅲでは少ない。整備区分Ⅱの小流域からの流出土砂量は両者の間でバラつく。②小区画の単位面積当たり1ヶ月当たりの侵食土砂量に対して、小流域の単位面積当たり1ヶ月当たりの流出土砂量は1～数オーダー小さい。

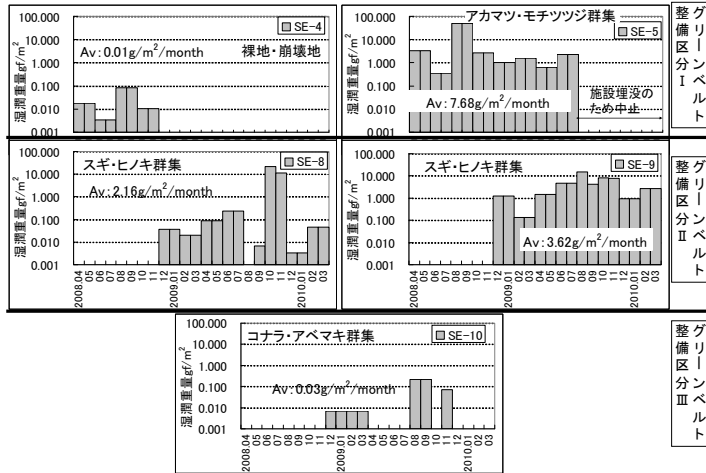


図3 小流域末端の流出土砂量の経年変化

3.2 考察

①グリーンベルト整備区分Ⅰ、Ⅱの森林を整備区分Ⅲの森林に整備することにより、表面侵食土砂量はバラツキながらも時間とともに低減される。②小区画での侵食土砂量はそのまま河道内へ流出してはおらず、スケールアップの検討が必要である。

4 水文観測に基づく表層崩壊発生機構

4.1 観測結果

(1) 花崗岩地帯の降雨・流出ピークの応答関係

花崗岩地帯である六甲山系の小流域 ($A=0.0011\sim0.0448\text{km}^2$) での降雨に対する流出の応答関係の1事例を図4に示す。同図のように六甲山系では花崗岩地帯特有の以下の特徴が確認された。

①降雨に対して常に流出が反応、②降雨・流出ピークが極めて早く反応、③降雨終了後は速やかに低減する。

(2) 類似する小流域の降雨・流出の応答関係

流域特性(地形・地質・植生)が類似し、ごく近接するSF-13-1 ($A=0.0022\text{km}^2$) とSF-13-2 ($A=0.0028\text{km}^2$) における2010年7月13日15:00～7月14日13:00までの降雨イベント中の流出量、その電気伝導度・水温

及び地下水の変動実態の1例を図5に示す。同図より以下の特徴が読み取れる。

①流域特性の類似する小流域でも同一降雨に対する流出量に大きな差異がある。②降雨に対する流出のタイミング、その増水・減水速度に差異がある。

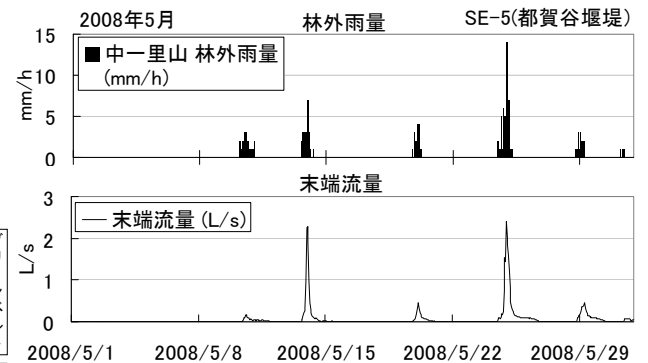


図4 降雨に対する流出の応答関係の1例

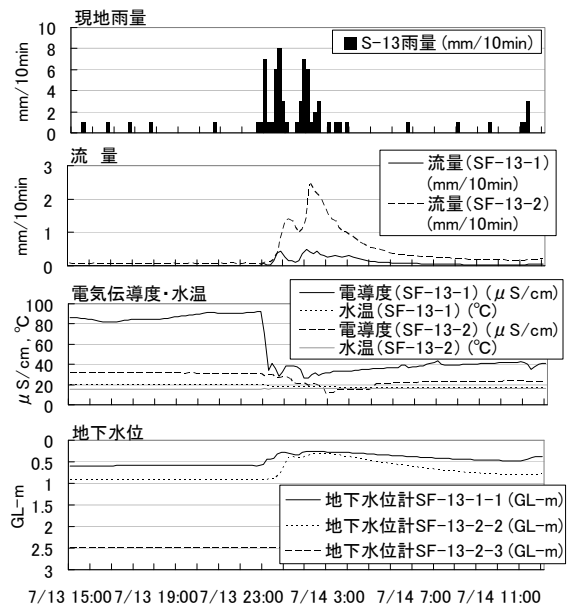


図5 降雨イベント中の近接小流域の流出量等の変動

4.2 考察

以上の事例から以下のことが考えられる。

①降雨に対する流出の応答の差異は、降雨の土層・基岩への浸透の多寡、浸透した雨水の再湧出の速さとその量の違いに基づく。②このような浸透水・流出量の違いは表層崩壊の発生のタイミング、発生位置に影響を与えることが想定される。

5 おわりに

今後の課題としては、①観測結果から流域レベルでの表面侵食防止機能を推定する方法(スケールアップ)の検討、②小流域の降雨に対する流出の応答関係の継続観測と崩壊発生時の流出応答の事例の蓄積と解析、が挙げられる。