

六甲山系における斜面観測（その1）

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 光永健男*1・有村良一*2・菊森 誠・和泉美智子
 京都大学 小杉賢一朗
 筑波大学 内田 太郎
 国土防災技術株式会社 ○藤原美波・永田葉子
 *1 現：富士砂防事務所 *2 現：淀川河川事務所

1. はじめに

六甲山系では2002年から2023年現在まで、斜面での水文学土砂動態観測が行われている。これらの観測は、六甲山系グリーンベルト整備事業（以下、GB事業）の樹林整備の評価、山腹斜面の土砂移動状況の把握、GB事業区域の斜面監視手法の検討などを目的としている。

本稿では、六甲山系における斜面観測の取り組みについて報告するとともに、観測結果の一部を紹介する。

2. 観測の概要

表1に、斜面観測の概要を示す。2002～2007年は観測位置や手法を検討しており、それを受けて現行の斜面観測が実施されている。現行（2008年以降）の斜面観測は、六甲山系の様々な林況、地形の斜面を選定し、11箇所の観測所を設置している。（図1、図中の数字は観測所番号）。観測所は順次観測を終了しており、2023年現在、観測を継続しているのはS-9のみで、ここでは、2015年7月の台風11号により土砂流出が発生している¹。

表1 斜面観測の概要

年	トピック
2002～2007	【旧・斜面観測】 小区画（コドラート）による表面流量と表面侵食土砂量の観測がスタート（13箇所） ⇒ 六甲山系の代表的な植生・裸地で観測 ⇒ 観測箇所を変更しながら、観測方法、観測場所などの検討を実施
2008～	【現行の斜面観測】 小区画11箇所、小流域末端7箇所の観測開始（S-1～S-11） ただし、S-5は2009年に廃止（維持管理が困難なため）
2015	S-3、S-4、S-8、S-11（小区画）観測終了 S-9で土砂流出が発生
2022	S-1、S-2、S-6、S-7、S-10観測終了 S-9の観測を継続

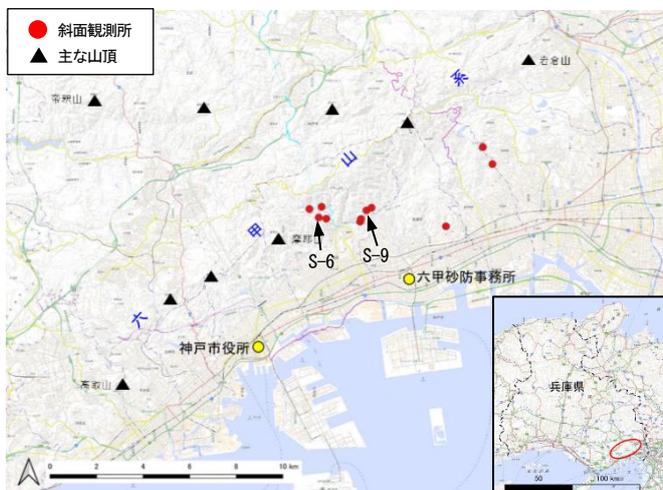


図1 斜面観測所位置図（背景：地理院地図）

斜面での水文学土砂動態観測は、斜面に設置した小区画（5×10m）における観測と、その小区画を含む小流域（0.006～0.046km²）の末端における観測がある。加えて、斜面崩壊の検知・斜面監視を目的とした観測を実施しているが、本稿では省略する。

小区画および小流域の観測項目を表2に示す。

小区画における観測（以降、小区画観測と呼称）では、斜面に設置した小区画（コドラート）から発生する土砂・表面流を計測し、侵食土砂量および表面流量を観測している。また、小区画の近辺に雨量計を設置し、林内の雨量も観測している。

小流域末端における観測（以降、小流域観測と呼称）も、小区画観測と同じく、小流域からの流出土砂量と流量を観測している。それぞれの観測施設の模式図を図2に示す。

表2 観測項目

	観測項目	観測機器
小区画	表面流出量	転倒マス雨量計 0.5mm(～H.18)・1mm(H.19～)
	侵食土砂量(手測)	土砂捕捉器(湿潤・乾燥重量)
	粒度分布	土砂捕捉器(粒度試験)
	林内雨量	転倒マス雨量計(0.5mm)
小流域末端	流出土砂量(ロードセル)	土砂捕捉器内のロードセル(水中重量)
	流量観測	量水箱による三角堰と圧力式水位計
	流出土砂量(ロードセル)	土砂捕捉器内のロードセル(水中重量)
	流出土砂量(手測)	土砂捕捉器(湿潤重量)
	粒度分布	土砂捕捉器(粒度試験)

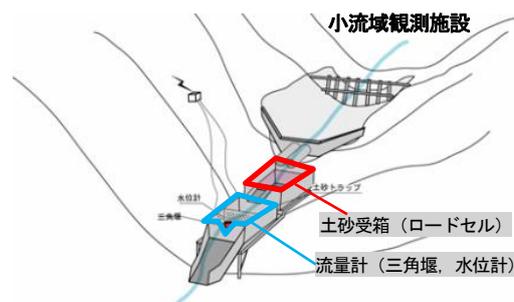
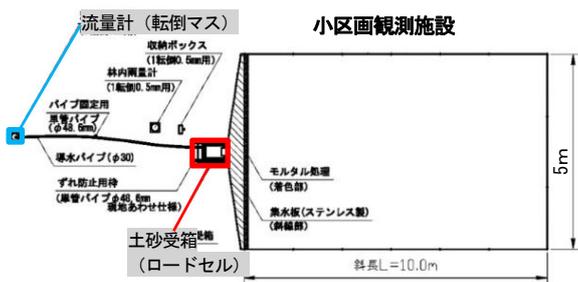


図2 観測施設の模式図

3. 侵食土砂量と流出土砂量の比較

2008～2021年の13年間の雨量、表面流出量（小区画観測）、侵食土砂量（小区画観測）、流出土砂量（小流域観測）を月別の平均値として整理した例を図3に示す。

平均雨量は7月が多く、冬季には少なくなる。小区画の表面流出量、小流域の流出土砂量も雨量と同様の季節変化をしている。一方で小区画の侵食土砂量は冬季に少ないものの、降雨の多い7月より4～5月、8～9月ごろに多い。また、月ごとの土砂量の違いは小区画の侵食土砂量が小さく、小流域の流出土砂量では大きい。小流域の流出土砂量は大雨があったときに多くなっている。

また、S-6では小区画からの侵食土砂量が多いが、小流域からの流出土砂量は少なく、S-9では侵食土砂量と同程度の流出土砂量があった。

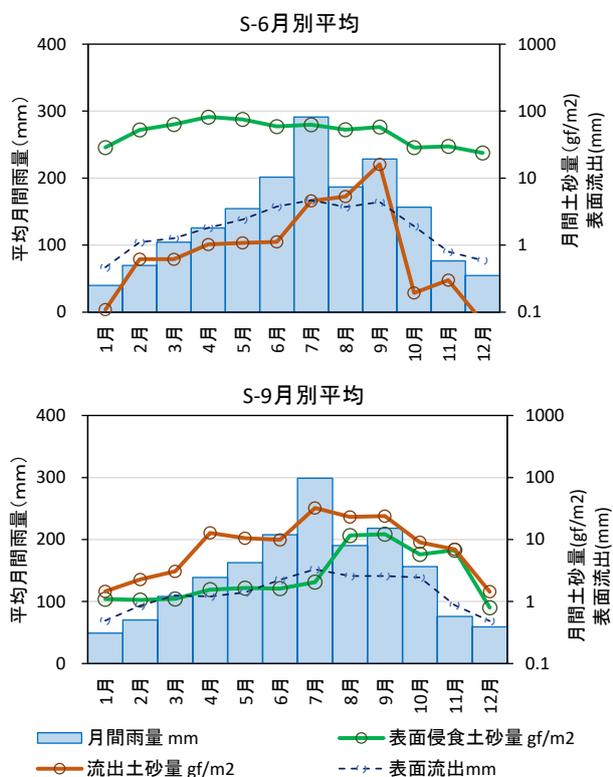


図3 侵食土砂量および流出土砂量の季節変化

4. 土砂流出が発生したS-9の流出状況

小流域のロードセルの応答を10分当りの流出土砂量の増加量として、そのときの流量との関係を図4に示す。2015年の前後では、同じ流量のときの流出土砂量の傾向が明らかに異なっており、2.7倍程度増加している（図4右）。また、土砂流出直後だけではなく、土砂流出から5年程度経過した2019～2021年も流出土砂量が多い傾向は継続していることから、小規模な土砂流出であってもその影響は比較的長く継続するものと考えられる。

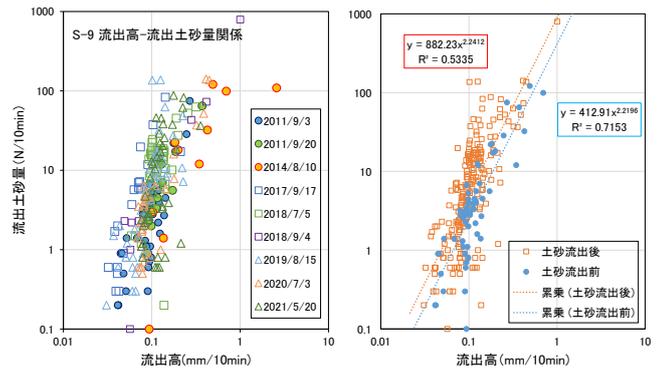


図4 S-9の小流域流出高と流出土砂量の関係

5. 考察

小区画および小流域の観測結果を以下に整理する。

- ① 小区画の表面侵食土砂量は雨量に無関係だが、小流域の流出土砂量は雨量と関係する。
- ② S-6のように斜面の表面侵食土砂量が多いが、小流域からの流出土砂が少ないパターンと、S-9のように表面侵食土砂量と同程度の流出土砂量がある流域がある。
- ③ 土砂流出のあったS-9については、土砂流出後、小流域流量と流出土砂量関係が変わり、5年以上経過しても継続している。

上記の結果より、六甲山系の斜面における水文土砂動態は以下のような状況であると考察される。

【山腹斜面での水・土砂の動き】山腹斜面に降った雨は速やかに浸透する。そのため、斜面からの土砂移動は降雨によるものが少なくなり、河道（溪床）に供給される土砂は降雨によらない移動によるものが主体となる。

【斜面の侵食土砂量と小流域からの流出土砂量】単位面積当たり侵食土砂と流出土砂に大きな差のある場合があり、このような小流域では溪床に土砂が貯留されていると考えられる。

【崩壊など土砂移動の下流への影響】土砂移動が発生すると、溪床に多量の土砂が供給され、小流域から流出する土砂量が増加する。小規模な土砂移動であっても影響は長期にわたる。

6. まとめ

森林である山腹斜面での観測結果から、六甲山系では降雨時の森林からの土砂流出が少なく、山腹斜面と小流域で土砂の動きが不連続となっている状況と考えられる。

これまでの斜面観測では、裸地や荒廃地のデータがあまり得られておらず、このような斜面からの土砂流出と小流域の土砂移動状況は今後の検討課題である。

また、S-9で見られる土砂移動後の流出土砂への影響については、現在行っていない細粒土砂の流出も含めて検討していく計画である。

1 石塚ら(2017)：六甲山系における土砂流出発生時刻の検知とその時の水文減少の検討，砂防学会誌69巻5号 p27-34