

六甲山系における水・土砂の動態の歴史の変遷と流域環境の変質

六甲砂防事務所 石塚忠範・服部浩二・久保正和

国土技術政策総合研究所 内田太郎, 新庄河川事務所 田村圭司

京都大学大学院農学研究科 水山高久・小杉賢一朗

国土防災技術株式会社 ○小菅尉多・永田葉子

1. はじめに

六甲山系では斜面から谷部および溪流部、さらに河川下流で水・土砂の動態観測が行われ、既往災害資料も利用して、大よその六甲山系における水・土砂動態の歴史的な変遷を検討してきた(田村ら, 2015)。その結果、明治期のはげ山時代、S13年の阪神大水害、S42年の土砂災害を経て、現在、水・土砂流出は非常に少なくなっていることがわかってきた。一方、流域の水・土砂動態が変化すると流域環境そのものが変質してきていることが想定される。そこで、流域の土砂流出(浮遊砂)の通減を植生回復による荒廃面積の減少の観点から、流量(流量)の通減を土層の発達(土層)の観点から、また、土砂流出の通減を流域内の土層の増加の観点から考察した。

2. 調査・観測方法

2.1 水・土砂の動態観測

六甲山系では、斜面から谷部、さらに溪流・河川部にかけて水・土砂の動態観測を密に実施している(図1)。

複数個所の斜面で、約10m×5m小区画の水・土砂の流出量を計測するとともに、斜面内の土層分布を10m間隔で調査し、複数個所で土層内地下水位を観測し、その斜面直下の谷部では水及び土砂の流出量を観測している。住吉川支流西滝ヶ谷の谷出口では水位計、ハイドロフォン、濁度計等による流量、流砂観測を行い、源頭部がはげ山となっている船坂川支流白水谷でも水位計、ハイドロフォン、濁度計等による流量、流砂観測を実施している。さらに主要河川の下流部では、水位計、ハイドロフォン、濁度計等による流量、流砂観測を行うとともに豪雨時にバケツ採水による浮遊砂観測を実施している。



図1 六甲山系の水土砂動態観測体制

2.2 流域荒廃の変遷調査

六甲山系の明治期の状態推定するために、旧版地形図で荒廃状況を、昔の写真で山腹斜面のはげ山の状況および下流河川の土砂堆積状況を確認した。また、住吉川流域をモデルとしてS42年災害前後の荒廃状況とその後の植生回復状況をS42年災前後、S50、S60、H10、H26年の空中写真より解析した。また、現在の船坂川支流白水谷源頭部のはげ山の状況も空中写真より解析した。

2.3 土層発達の調査

収集した昔の写真より神戸市兵庫区五宮町の祥福寺裏山が明治20年代に森林で覆われていることを確認し、その斜面及び尾根部の土層深を簡易貫入試験機及び試掘で確認した。また、斜面観測所(S-10, 渦森千丈堰堤; S-12, 西おたふく)の既往簡易貫入試験結果を用いてS42年災時等過去に発生した崩壊地内の現状土層深を確認した。

3. 観測・調査結果

3.1 水・土砂動態の歴史の変遷

土砂動態観測結果、既往災害資料等を用い検討した結果、六甲山系における年間流出土砂量の変遷は図2のように推定された(田村ら, 2015)。同図より、明治年代以降、年間流出土砂量はS13年、S42年の災害を経ながら逐次減少し、現在は、比年流出土砂量は50m³/km²/y程度となり、掃流砂よりも浮遊砂の方が多い。

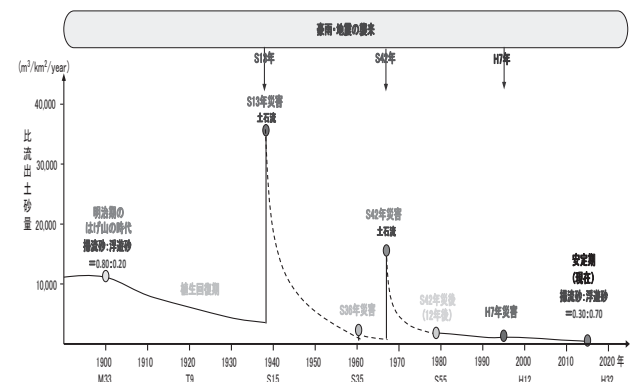


図2 六甲山系の土砂流出の変遷

一方、六甲山系の各河川の降雨時の有効降雨強度 r_e 毎の洪水到達時間 t_p と流域面積 A の関係は図3のように表される。源頭部がはげ山で明治期の六甲山系の河川と考えられる白水谷では他の河川と洪水到達時間において

は大きな差異は認められない。しかし、ピーク流出係数 f は通常河川で、洪水到達時間内の降雨強度 $r=30\sim 40\text{mm/h}$ で $f=0.3$ 程度以下であるのに対し、白水谷では $r=25\sim 75\text{mm/h}$ で $f=1.0\sim 1.6$ 程度となる。

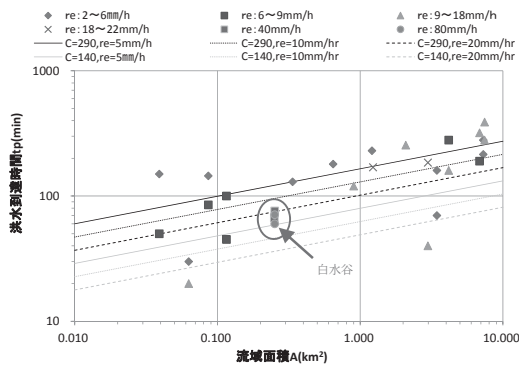


図 3 六甲山系の河川の洪水到達時間と流域面積の関係

3.2 流域荒廃の回復と係数 α 値との関係

浮遊砂量 Q_s と流量 Q との関係は $Q_s = \alpha \times Q^2$ で表され、住吉川では S54 年時点で $\alpha = 1.4 \times 10^{-4}$ 、現在(S26)で $\alpha = 1.5 \times 10^{-5}$ 程度である。一方、はげ山の白水谷で現在(H26) $\alpha = 7.5 \times 10^{-4}$ である。白水谷の現状を明治期(S20 年頃)の六甲山系の状況と考え、住吉川流域の S42, S50, S60, H10, H26 年の空中写真による荒廃面積率及び白水谷の H26 年の空中写真による荒廃面積率と係数 α 値との関係を時間推移での中で図示すると図 4 のようになる。係数 α 値は、流域の荒廃面積率の低下(植生回復)とともに逓減している。

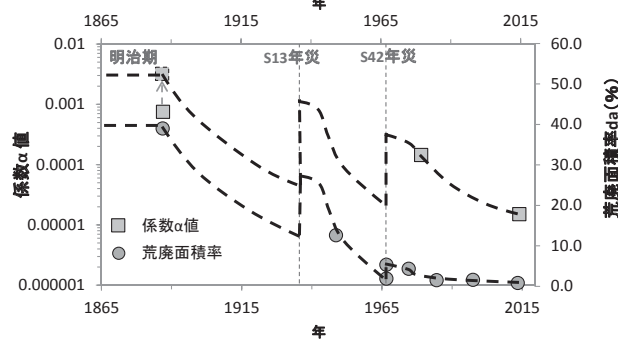


図 4 荒廃面積率と係数 α 値との経年変化

3.3 土層発達速度

明治 20 年代に既に森林に覆われ、現在平衡状態に達していると想定される祥福寺裏山の土層厚、S13 年災、S42 年災時の崩壊地内の現在の土層厚の調査結果を松倉(1994)が整理した図に図示すると図 5 のようになる。

六甲山系の土層の発達は今まで検討されてきた土層の発達速度よりも速いと考えられる。

4. 考察

4.1 流域の植生回復と水・土砂流出の逓減

六甲山系がはげ山であった明治期の水・土砂流出を白

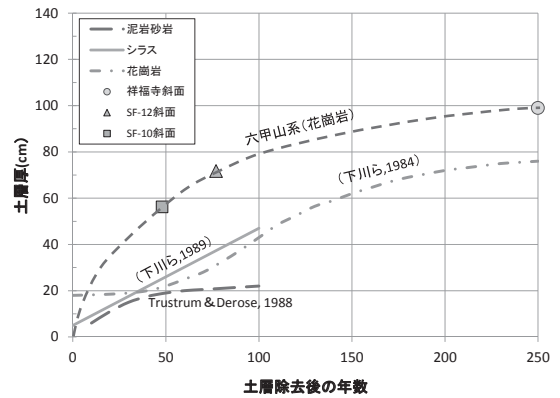


図 5 土層の発達速度、松倉(1994)の図に図示

水谷より想定すると、降雨時の洪水到達時間は現在の溪流とさほど差異はないもののピーク流出係数は 1.0 以上となりピーク流量が非常に大きく、その結果年平均流砂量は $11,000\text{m}^3/\text{km}^2/\text{y}$ 程度を示していた。これは大よそ $1.1\text{cm}/\text{y}$ の侵食深を示し、鈴木ら(1989)が田上山地で観測した値の最大値と同程度を示す。明治期以降六甲山系の浮遊砂量は植生回復とともに S13 年、S42 年の災害を経ながら現在に至るまで低下し、植生回復の観点から浮遊砂量の減少を定性的に説明することが可能である。

4.2 土層の発達と水・土砂流出に与える影響

明治期後期からはげ山の植生回復が進むと土層の発達が進むものと考えられる。その速度は既往研究成果よりも速いと考えられる。土層が発達するとそれに伴い降雨時に雨水の基岩への浸透を促進し(小杉,2007)ピーク流量の逓減を引き起こし、その結果として、斜面での植生による土砂の固定とピーク流量の逓減により、年間流出土砂量(流砂量)は減少していったと考えられる。

4.3 六甲山系の現状評価

現在、六甲山系では $50\text{m}^3/\text{km}^2/\text{y}$ 程度の流砂量である。また、流域は河道を含め植生回復しており、安定した流域の様相を呈している。しかし、明治期のはげ山の時代から見ると植生回復とともに土層が発達し、また、S13 年災、S42 年災時に発生した崩壊地も植生回復とともに土層が発達し、不安定土砂量が少しずつ増大しているとも見ることができる。また、その不安定土砂は変形→安定→変形を繰り返しながら不安定化しているとも考えられる。

5. おわりに

六甲山系の現状は、歴史的変遷の中で評価する必要がある、土砂生産流出環境は過去のそれとは異なっている可能性がある。水文・流砂観測を行いながら実態を捉え、現状の砂防施設等の状況を踏まえ適切な対応方法を検討していきたい。

【参考文献】田村ら(2015),砂防学会研究発表会概要集;松倉公憲(1994),筑波大学水理実験センター報告 16-19;小杉賢一朗(2007),水文・水資源学会誌 20-3;鈴木ら(1989),水利科学 33