

非常に大規模な土砂生産後の土砂流出の実態分析

いであ株式会社 ○堀江克也, 岡村誠司, 樋田祥久, 山城健太, 大崎奈央子  
国土技術政策総合研究所 桜井亘, 内田太郎, 松本直樹

1. はじめに

深層崩壊等による大規模な土砂生産が生じた場合、一定期間、流域からの流出土砂量が多い時期が続くと考えられる。著者らはこのような大規模土砂生産後の土砂流出の実態を把握することを目的として研究を行っており、これまでの研究<sup>1)</sup>により大規模な土砂生産後の影響は降雨による土砂生産より地震による土砂生産の方が長く続くことが推定された。本研究では、既往研究よりさらに土砂生産の規模が大きい常願寺川（1858年飛越地震）、小渋川（昭和36年出水）を対象として土砂流出の実態分析を行い、既往検討の9流域と併せて土砂流出率、影響期間などの特性を分析した。

2. 小渋川流域の土砂流出実態（S36年災害後）

2.1 生産土砂量と流出土砂量の関係

S36年災害前後の生産土砂量、流出土砂量に関する資料<sup>2)</sup>を収集し、土砂収支図（累加土砂量の経年変化図）を作成した（図-1）。ここで、生産土砂量については既往検討のS36災害、S57・S58災害、S36～S44年、S44～S52年の崩壊土砂量に加え、H14～H16年の生産土砂量を河床変動量と小渋ダム堆砂量から逆算し、その値を平常時の生産土砂量と仮定した。流出土砂量については、S44年竣工の小渋ダムがあるため、小渋ダム堆砂量にBruneの捕捉率を考慮し細粒土砂通過量を加えた値とした。ダム竣工前のS26～S30年については、小渋ダム直下流に生田第一堰堤が設置されていたため、堰堤堆砂量に細粒土砂通過量を加えた値とした。また、S36災害後から小渋ダム竣工までの期間（S37～S43）については、S44～S46年の年平均値と等しいと仮定した。

2.2 大規模土砂生産の影響期間

影響期間については、流出土砂量を年最大日雨量で除した値の経年変化より推定した（図-2）。ここで、流出土砂量を年最大日雨量で割るのは各年の降水量の違いをできる限り除去するためである。本検討では各種降雨指標（年最大日雨量、年最大時間雨量、年降水量等）とダム堆砂量との相関分析を行った結果、最も相関が高かった年最大日雨量を用いた。図-2より、H2年以降は平常時の流出土砂量であると考えられ、S53～S55年については、S56年頃に砂防堰堤上流の河床高がS36災害前に戻っていたこと、S36災害による新規崩壊地がS50年の航空写真ではS36災害前の状態に回復していたこと、河床材料がH12年にはS36災害前程度に戻っていたことから、平常時の流出土砂量であると推定した。以上より、S36災害の影響はS53年頃まで（17年間）、S57・S58災害の影響はH2年頃まで（8年間）と考えられる。

3. 常願寺川流域の土砂流出実態（1858年飛越地震）

3.1 生産土砂量と流出土砂量の関係

飛越地震における崩壊土砂量は既往文献<sup>4)</sup>から1.3億m<sup>3</sup>とした。近年の生産土砂量については、既往報告書<sup>3)</sup>の崩壊地判読結果にGuzzetti式を適用して算定した。また、流出土砂量については、本川筋において異なる年代に建設された複数の砂防堰堤（白岩、サブ谷、七郎、鬼ヶ城、天鳥、空谷、瀬戸蔵、本宮、横江）について、それらが満砂するまでの期間の堆砂量を用いた。なお、各期間で存在する末端堰堤については細粒土砂通過量を付加した（Bruneの捕捉率）。以上のデータ

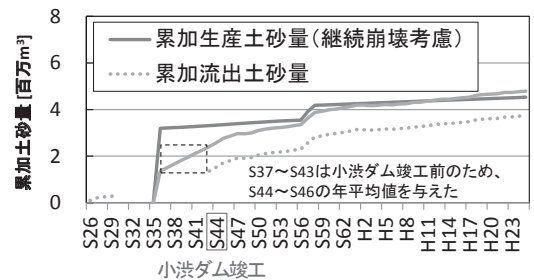


図-1 土砂収支図（小渋川流域）

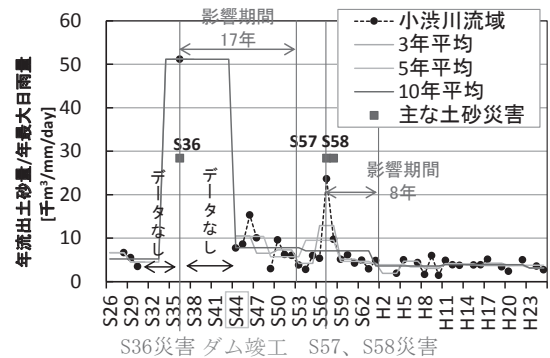


図-2 流出土砂量の経年変化の（小渋川流域）

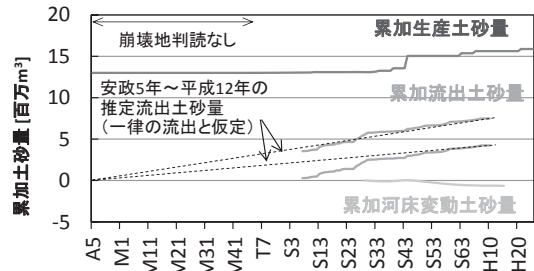


図-3 土砂収支図（常願寺川流域）

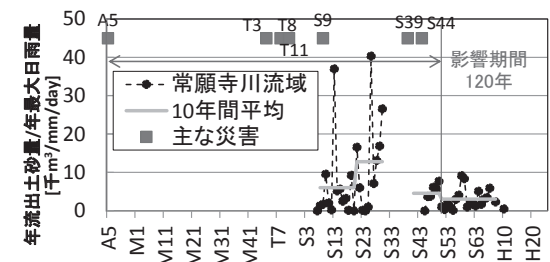


図-4 流出土砂量の経年変化（常願寺川流域）

を基に作成した土砂収支図を図-3 に示す。ここで、飛越地震から昭和初期までの流出土砂量については、H12 年時点の累加流出土砂量が既往文献<sup>4)</sup>で示されている 4,300~7,600 万 m<sup>3</sup>となるように全流出土砂量の平均値を算出した。

### 3.2 大規模土砂生産の影響期間

小渋川流域と同様に流出土砂量を年最大日雨量で除した値の経年変化より影響期間を推定した(図-4)。10年間の平均値で見ると昭和初期と比べ昭和 50 年以降の流出土砂量は少ない。一方、既往文献において、過去は上昇傾向にあった常願寺川下流域(河口~18k)の河床高が S10 年頃から S24 年頃までは横ばいで S24 年以降は低下傾向に転じたこと、砂防堰堤が昭和初期から順次建設が進められたこと、立山カルデラ内の荒廃地が S44 年頃から S62 年頃にかけて大幅に縮小したことなどが明らかになっている。また、一次元河床変動計算により砂防堰堤が満砂するまでの堆砂速度の再現計算を行った。ここで再現計算にあたっては、河床材料粒度分布や上流域からの供給土砂量の期間別の違いなど各種不確定要素を流砂量式に乗じる係数 $\alpha$ として集約し、 $\alpha$ をパラメータとして再現を行った。その結果、期間1(S29 末~S36 末)では $\alpha=0.25$ 、期間2(S44 末~S51 末)では $\alpha=0.1$ 、期間3(S60 末~H7 末)では $\alpha=0.1$ となり、期間1は期間2、期間3と比べて係数 $\alpha$ が大きくなった。以上より、S30 年頃は S50 以降より流出土砂量が多い時期であったと考えられ、飛越地震の影響期間を S50 年頃までの約 120 年間で推定した。

## 4. 既往検討の 9 流域を加えた比較分析

図-5 に既往検討流域<sup>7)</sup>も含めた生産土砂量、影響期間の土砂流出率(生産土砂量に対する流出土砂量の積算値の割合)、影響期間について整理した。その結果、以下の 2 つのパターンに大別された。

- ✓ パターン①: 大規模土砂生産の影響期間内の流出土砂量が概ね生産土砂量に近いか、それ以上になる流域
- ✓ パターン②: 大規模土砂生産の影響期間内の流出土砂量が生産土砂量の半分以下の流域

豪雨を起因とする大規模土砂生産はパターン①に分類され、生産土砂が豪雨時に下流に流出しやすいため土砂流出率が高くなると考えられる。一方、地震に起因する大規模土砂生産はパターン②に分類され、大規模土砂生産時に下流に土砂が流出しにくいことや天然ダムの形成などにより土砂流出率が小さくなると考えられる。小渋川流域(S36 災害)はパターン①、常願寺川流域(1858 年飛越地震)はパターン②に分類され、極めて生産土砂量が多い今回追加した 2 事例においても、既往の整理結果と同様な整理となった。このため、豪雨の場合の土砂流出率は平均 8 割程度であるのに対し、地震の場合は 2 割程度と小さく、両者に明確な差が見られた(図-5)。ここで、中川流域では大正 12 年の関東大震災後、H15 年時点においても流出土砂量の多い状態が続いていると考えられる<sup>7)</sup>ため、影響期間を 80 年以上とした。

図-6 に示すように、大規模土砂生産年の生産土砂量大きいほど影響期間が長くなる傾向が見られ、同規模の生産土砂量ではパターン①の影響期間がパターン②の影響期間と比べて長い傾向も見られる。ただし、これらの分析については今後もデータを蓄積し、検証を行っていく必要がある。

謝辞: 本研究を実施するにあたり、天竜川上流砂防事務所、立山砂防事務所など各流域を管理する砂防・河川事務所から検討報告書等の多くのデータを提供して頂きました。ここに末筆ながら謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 堀江ら: 大規模土砂生産後の土砂流出の実態分析, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.10-11, 2015.
- 2) 例えば、砂防基本計画に関する参考資料, H13.3
- 3) 例えば、H26 常願寺川土砂処理計画検討業務報告書, H27.3
- 4) 例えば、田畑ほか 2000.

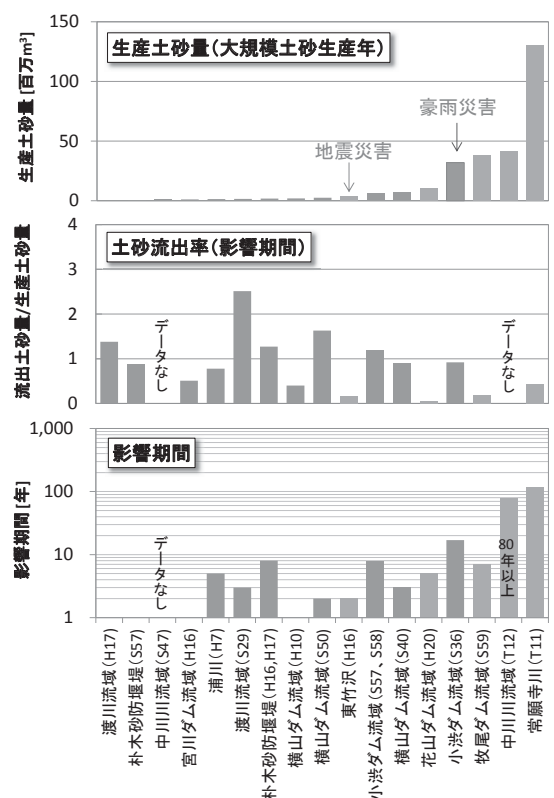


図-5 各流域の生産土砂量、土砂流出率、影響期間

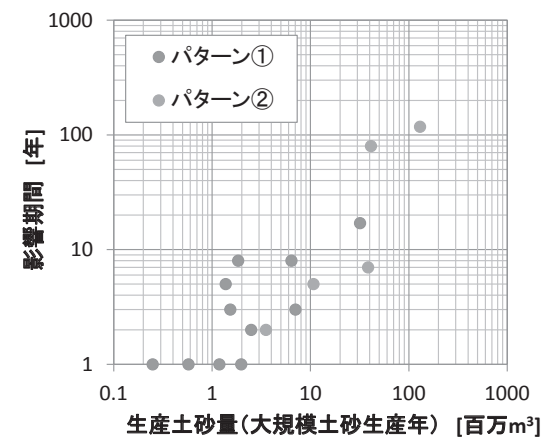


図-6 大規模土砂生産年の生産土砂量と影響期間の関係