

木曽川水系中津川における中長期の土砂動態について

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 森下淳*1・市川東大*2・大畑隆史*3・西條裕道
 国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部 田中健貴
 八千代エンジニアリング株式会社 ○佐藤敏明・西尾陽介・小室知栄・宮田直樹

*1: 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課*2: 中部地方整備局河川部*3: 中部地方整備局木曽川水系ダム統合管理事務所管理課

1. はじめに

土砂・洪水氾濫対策を目的とした砂防計画では、短期、中期、長期の土砂生産・流出を対象とした計画の検討が必要とされている。このうち、中長期の土砂生産・流出については、土砂動態に関する調査も少なく、対策を検討する上で十分な知見が得られていないのが現状と考えられる。筆者らは、H12年9月東海豪雨、R3年8月豪雨など複数の土砂流出イベントが発生している木曽川水系中津川を対象として、中長期の土砂動態に関する調査および土砂・洪水氾濫対策の検討を行っている。本報告では、新たにS58年9月豪雨からH12年9月豪雨（東海豪雨）までの大きな出水を含まない長期間の土砂動態に着目した土砂生産・流出の実態調査を行い、これまで行ったH12年9月東海豪雨からR3年8月豪雨までに着目した調査結果と合わせて、中津川流域における中長期の土砂生産・流出実態について検討した結果を報告する。また、1次元河床変動計算を用いてH12年9月東海豪雨からR3年8月豪雨までの河床変動の再現について試行したので、その結果について報告する。

2. 中津川流域の概要

中津川は、木曽川の上部部に位置し、恵那山を源流とする木曽川の支川である。流域面積は82.8km²、平均河床勾配1/11であり、河床勾配からみた土砂移動形態は、下流域（牛ヶ瀬砂防堰堤より下流）が掃流形態、中上流域（牛ヶ瀬砂防堰堤より上流）が土石流形態となっている。主な地質は花崗岩および流紋岩であり、風化・変質が進んでいることから源流部には多くの大規模崩壊地が存在している（図-1）。

3. 昭和58年豪雨から平成12年豪雨までの土砂移動実態

3.1 降雨状況

S30年（1955年）からR3年（2021年）の年最大24時間雨量を図-2に示す。中津川流域では、S36年、S45年、S58年、H12年、R3年に規模の大きい降雨イベントが発生しているが、今回対象期間としたS58年からH8年は、前回対象としたH20年からR1年と同様1/10確率未満の降雨イベントしか発生しておらず、長期の土砂動態を検討する上で妥当な期間と考えられる。

3.2 河床変動状況

(1) 河床変動

1983年（S58年豪雨直後）および1996年（H8年）（H12

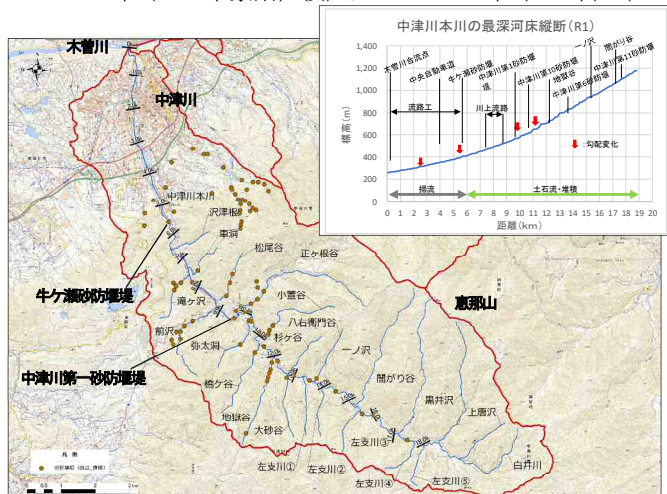


図-1 中津川流域の概要

年豪雨前）に撮影された空中写真をもとに、中津川本川に100mピッチを基本とする横断測線を設定して河床変動量を算出し、対象期間の河床変動状況を調査した。対象期間における中津川本川の堆積、洗堀量を上流端から加算し、累加変動量として図-3に示す。図中には、H20年からR1年の累加変動量を合わせて示した。対象期間における河床状況を見ると、12k付近（中津川第7砂防堰堤）から9.5k付近（中津川第1砂防堰堤）の区間と7k付近（川上流路工下流）から3k付近（中津川市役所前）の区間では累積的に土砂が堆積しているが、残りの区間では河床変動は小さくなっている。一方、H20年からR1年の河床変動は、16k付近から9.5k付近の区間と7k付近から1k付近の区間で累積的に土砂が堆積し、残りの区間では河床変動は小さくなっている。両期間では、9.5k付近より上流で土砂が堆積する傾向、9.5k付近から7k付近の河床変動が小さい傾向、7k付近から3k付近で土砂が堆積する傾向は類似している。

(2) 中津川本川の土砂堆積状況

中津川本川の土砂堆積状況を示す木曽川合流点での累加変動量は+404,093m³（堆積）であり、H20年からR1年の累加変動量+130,549m³（堆積）の約3倍となっている。対象期間の年数が13年に対し、H20年からR1年は11年とほぼ同じであり、年最大24時間雨量（図-2）の傾向にも大きな違いはないが、両期間の流出土砂量は大きく異なっている。

(3) S58豪雨（短期イベント）との関係

対象期間の直前に発生したS58豪雨時の河床変動と対象期間の河床変動を合わせて示したものを図-4に示す。S58豪雨時の河床変動を見ると、13K付近（中津川第5、6砂防堰堤上流）に大量の土砂が堆積しているが、13k付近から10k付近は河床変動がほとんどなく、10K付近から3k付近（中津川市役所前）は逆に大量の土砂が洗堀されている。また、3K付近より下流の河床変動は小さくなっている。豪雨直後からの長期の河床変動は、土砂が大量に堆積した13k付近（中津川第5、6砂防堰堤）では洗堀が生じ、その下流の中津川第2、7砂防堰堤に再堆積するような状況を示している。また、10k付近から3k付近（中津川市役所前）についてもS58豪雨時に洗堀された区間が再堆積するような状況を示している。

3.3 崩壊発生状況

中津川流域では、これまでにS36年豪雨、S58豪雨等の発生時に空中写真判読による崩壊地調査が行われている。ここでは、それらの調査資料をもとに中津川流域の崩壊面積を整理した。図-5に、S36豪雨からR1年までの崩壊地面積の推

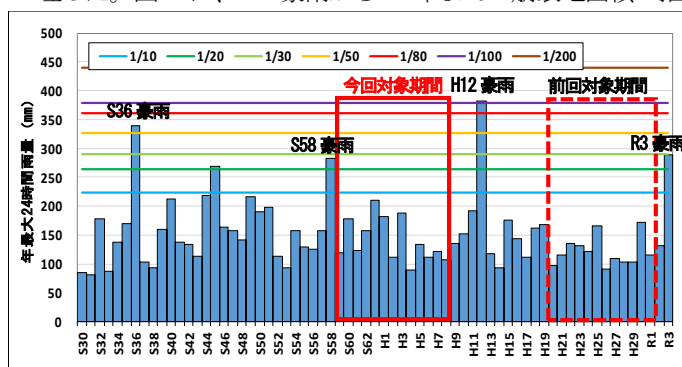


図-2 昭和30年～令和3年の年最大24時間雨量

移を示す。今回対象としたS58年からH8年をみると、S58年豪雨後の崩壊地面積は約100万㎡とS36豪雨前からR3年豪雨前の期間中で最も大きくなっている。H8年時は約38万㎡である。一方、H20年からR1年をみるとH20年時点で約52万㎡、R1年時点で42万㎡であり、今回の対象期間は上流域の崩壊地面積が約2倍大きくなっている。

3.4 土砂移動状況の相違について

中津川本川の長期的な河床変動状況について、S58年からH8年の期間（13年）とH20年からR1年の期間（11年）を対象として整理を行った。前者はS58年豪雨後、後者はH12年豪雨後の長期的な土砂移動に着目している。2つの対象期間は年数がほぼ同じであり、年最大降雨の発生状況にも大きな差はないと考えられるが、中津川本川に堆積した土砂量はS58-H8年がH20-R1年に比べ3倍程度大きくなっている。この違いの要因としては、期間中の崩壊面積がH20-R1年に比べS58-H8年が2倍程度大きいこと、S58-H8年が豪雨直後から13年間の変動をみているのに対し、H20-R1年はH12豪雨から8年程度経過してから後の変動をみており、豪雨直後の活発な土砂流出が反映されていないことが考えられる。

今回対象とした期間に中津川本川に堆積した土砂量は40万㎡に及んでおり、H12年豪雨（約15万㎡）やR3年豪雨（約30万㎡）時の堆積土砂量を上回る規模となっていることから、長期の土砂流出が下流の土砂・洪水氾濫被害の発生に与える影響は大きいと考えられる。

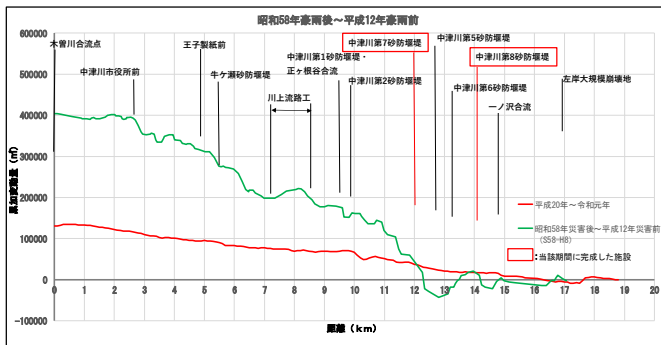


図-3 S58-H8の河床変動状況

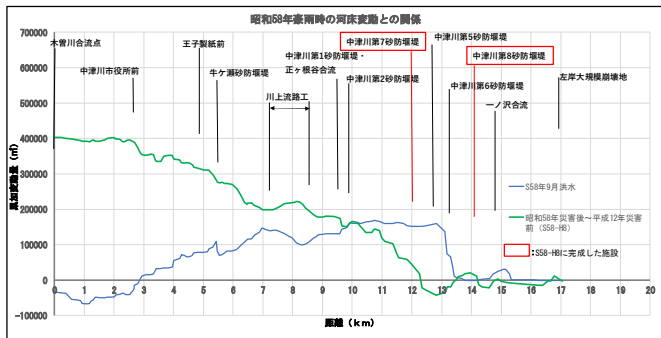


図-4 S58豪雨時の河床変動との比較

時期	S36豪雨前	S36豪雨後	S58豪雨前	S58豪雨後	H12豪雨前	H12-17年	H20年	R1年
年	1,959	1,962	1,981	1,983	1,996	2,003	2,008	2,019
崩壊面積（㎡）	538,300	661,130	923,981	1,014,171	385,010	782,150	525,932	425,510

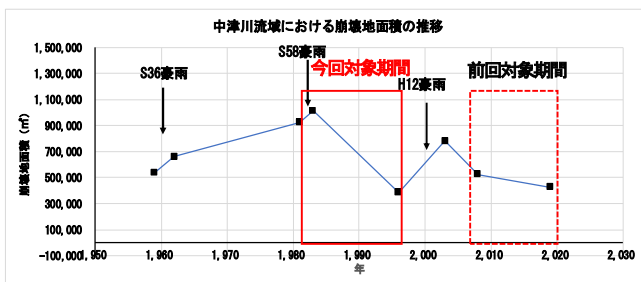


図-5 S36豪雨前～R1年の崩壊発生状況

4. 河床変動計算による長期的な河床変動の再現

山地河川の長期的な土砂動態を把握するためには、山腹崩壊や河床変動に関する長期的なデータ蓄積が必要となるが、そのようなデータを得ることが現実的に難しい状況がある。このため、長期的な土砂移動状況を把握する補完的な方法として、間隔が長い2時期の河床変動を1次元河床変動計算により再現することが考えられる。ここでは、中津川本川を対象として、H20年からR1年の河床変動実績を計算により再現することを試みた。計算モデルは、既往検討で作成され短期イベントにて再現性が確認されているモデルを使用した。

4.1 検討方法

河床変動計算による再現検討では、対象期間の流量波形と供給土砂量の設定が必要になる。流量波形は、対象期間中の水位観測データをもとに流量に換算したものを使用した。供給土砂量は、オルソ画像判読やLPデータの差分解析から算出した生産土砂量を使用した。

4.2 検討結果

設定した流量波形と供給土砂量をもとに、対象区間の河床変動計算を行った。計算では、供給土砂量の粒度分布と流砂が開始される流量の設定が河床変動に与える影響が大きいと考えられるため、複数のケースを設定して試算した。

(1) 流砂が開始される流量の影響

流砂が開始される流量は、ケース1：現地流砂観測で流砂が生じている流量、ケース2：各年の最大1位、2位の洪水の流量の2ケースで試算した。結果を図-6に示す。いずれのケースも実績とは乖離があるが、ケース1の変動傾向が実績に近く、ケース2は変動の乖離が大きくなった。

(2) 粒度分布の影響

(1)の結果を反映した上で、供給土砂の粒度分布は、ケース3：崩壊土砂（ $d_{50}: 10\text{mm}$ ）、ケース4：木曽川合流点へ流出し堆積した土砂（ $d_{50}: 0.5\text{mm}$ ）の2ケースで試算した。結果を図-7に示す。ケース3は実績との乖離が大きい、ケース4は実績と河床変動傾向がほぼ一致する結果が得られた。今回の試算から、中津川流域の長期的な土砂流出は、平常時の小規模出水から生じており、かなり細粒な土砂が移動していることが推察される。

5. おわりに（今後の課題）

今回の調査・検討から、中津川流域における長期的な土砂流出が下流での土砂・洪水氾濫の発生や規模に影響を及ぼす可能性が高いことが示唆された。今後は、S58年からH8年の河床変動を計算により再現するための条件設定を検討した上で、既存砂防施設の効果について検証を行い、長期的な土砂流出対策の砂防計画上の位置づけを検討することが必要と考えている。

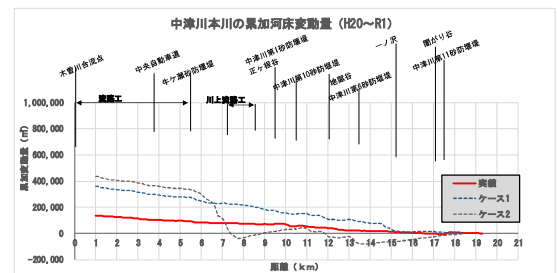


図-6 流砂が開始する流量による違い

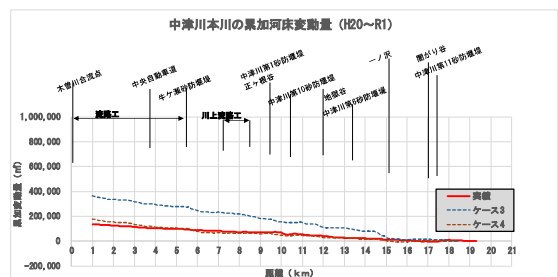


図-7 供給土砂の粒度分布による違い