

温暖積雪地域の山地流域における土砂生産量推定手法の検討

日本大学大学院工学研究科 学生会員 ○堀江 祐希
 日本大学工学部 正会員 朝岡 良浩
 日本大学工学部 正会員 古川 仁志

1. はじめに

近年、日本では気候変動に伴う異常気象の影響により水害が頻発しており、今後も大規模な水害の発生が懸念されている。そのため、気候変動に適応した河川管理が必要となる（国土交通省，2015）。河川管理を行う上で考慮すべき項目の一つに土砂管理がある。土砂は岩石の風化，流水による侵食，崩壊や地滑りなどの土砂移動によって生産される。土砂生産においては雨や雪の降水が大きく寄与しており，豪雪地帯では土壌の凍結・融解により岩石の風化が激しく，洪水期間が長いことから，降雨による土砂生産とは発生機構が異なると考えられる。また，土砂生産が河川環境に及ぼす影響も大きいと考えられ，今後の気候変動の進展に伴い降水形態が降雪から降雨に移り，降雪量に変化した場合に土砂生産にどのような影響を与えるか検討する必要がある。しかし，降雨を前提とした土砂生産量を推定する研究は数多く行われてきたが，豪雪地帯を対象とした事例は少ない。本研究は，古川ら（2021）が豪雪地帯の河川で土砂輸送量をモニタリングしている伊南川流域を対象とし，積雪・融雪期の土砂生産量を推定するモデルを作成した。

2. 対象地域

伊南川は福島県の南会津地方を流れ，流域面積 1058km²，延長 80.2km の阿賀野川水系の一级河川である。気候は日本海型気候であり，冬季には山間部で積雪が 2～4m を越える豪雪地帯となっている。そのため，融雪期の融雪出水によって流量が卓越する。伊南川流域の土砂生産・輸送が豊富なため，伊南川が合流する只見川中流域に位置する滝調整池の堆砂が問題となっている。



図-1 伊南川流域概要

3. 研究手法

伊南川流域における土砂生産量は，降水と土壌侵食量を関係づけた USLE（Universal Soil Loss Equation，土壌流亡予測式）モデルを用いて推定する。USLE モデルは降雨特性，土地利用，地形，地質のデータを入力値とし，各データを(1)式に代入することで，セル単位で土壌侵食量を推定する（農林水産省，1992）。本研究は 200m メッシュで各係数を整備した。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

A は単位面積当たり流亡土量(tf/ha)， R は降雨係数(tf・m²/ha/h)， K は土壌係数(h/m²)， LS は地形係数（無次元）， C は作物係数（無次元）， P は保全係数（無次元）である。USLE モデルの変数の内 K ， LS ， C ， P の時間変化はなく， R は月単位で変動する値と仮定し，異なる降雨係数の算定方法で求めた土砂生産量を比較した。降雨係数 R は降雨侵食指数 EI より求められ，降雨強度 I に依存する。降雨強度 I を流域周辺の AMeDAS より取得した 1 時間降水量データと 10 分間降水量データより 2 条件算定した。また，伊南川流域は豪雪地帯に指定されていることから積雪を考慮する必要がある。今回は USLE で定義されている積雪・寒冷地の融解・融雪期の補正方法を用いて根雪月の降水量に 1.06 を乗じて補正した。降水がすべて降雨とした全降雨の条件と補正を行った条件を先の 2 条件に当てはめ，全降雨を条件とした Rr_{10} ， Rr_{60} ，補正を行った Rs_{10} ， Rs_{60} の 4 種類

キーワード USLE,土壌侵食量,土砂管理,融雪出水,豪雪地帯

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1, TEL 024-956-8732

の条件より土砂生産を推定した。算定した土砂は質量で算定されるため、道路橋示方書（日本道路協会，2017）を参考に，日本全国で自然地盤の密度を 1.8t/m^3 として体積に換算した。

4. 結果及び考察

本研究は土砂輸送量の現地観測が行われた 2021 年の積雪融雪期間（2021 年 1 月から 6 月）において月単位で降雨係数を算定した。1 時間降水量から作成した降雨係数(R_{r60})と 10 分間降水量から作成した降雨係数(R_{r10})を比較した結果， R_{r60} は $15.5\text{tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha}/\text{h}$ ， R_{r10} は $37.0\text{tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha}/\text{h}$ と R_{r60} の 2.39 倍となった。融雪補正を行った R_{s60} と R_{s10} の場合， R_{s60} は $15.9\text{tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha}/\text{h}$ ， R_{s10} は $38.8\text{tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha}/\text{h}$ と 2.43 倍となった。算定した各条件の降雨係数を用いて流域の土砂生産量を計算した結果， R_{r60} から求めた土砂生産量は 3090m^3 ， R_{r10} の場合は 7390m^3 ， R_{s60} の場合は 3190m^3 ， R_{s10} の場合は 7740m^3 となった。以上より降雨係数 R が土砂生産量推定に大きく影響することを確認した。

USLE モデルを用いて推定した土砂生産量は最大 7740m^3 であった。伊南川は只見川と合流して北上し，滝調整池（電源開発）に流入する。滝調整池中上流部には 2021 年積雪融雪出水期間に約 30 万 m^3 の土砂が堆積した。上流には奥只見ダム，田子倉ダムがあり，只見川流域から流出する土砂はこれらのダムに堆積するので滝調整池に堆積する土砂は伊南川から流出する土砂が支配的であると考えられる。土砂生産量を過小評価した要因として降水量を流域全体で一定と仮定したことがあげられる。低標高帯と高標高帯では降水量に差があるため，標高の影響を考慮して降水量を再現する必要があると考えられる。その他の要因として，土壌および植生被覆による要因が挙げられる。土壌は融雪により常に湿潤状態になっており，冬季の土壌は夏季の状態とは異なると考えられる。そのため，湿潤状態の土壌係数 K を検討する必要がある。植生被覆は対象流域で多数の斜面崩壊が発生しており裸地化していた。本研究では裸地化箇所を特定せず，森林の作物係数を用いたため過小評価したと考えられる。

5. 結論と今後の展望

本研究は伊南川流域を対象として，USLE のモデルを構築し，降雨係数設定方法の違いが土砂生産推定に及ぼす影響を評価した。今回は従来の USLE の方法により土砂生産を推定したが，伊南川流域のような豪雪地帯は他の地域と土砂生産の機構が異なり，実際の土砂生産量と推定した土砂生産量に大きな差が生じる結果となった。今後は積雪・融雪モデルを用いて高標高地帯の降水量を補正するとともに観測データと衛星画像データより湿潤状態の土壌係数 K と斜面崩壊箇所の作物係数 C について検討する。

謝辞

本研究は滝調整池の堆砂量等について電源開発株式会社東日本支店から資料の提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省の気候変動への適応策。
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_mn_000013.html（参照 2022/1/24）
- 2) 古川ら：浮遊砂観測に用いる超音波減衰スペクトル計と濃度・粒度試験法の改善，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.77, No.2, pp.I_889-I_894, 2021.
- 3) 農林水産省構造改善局計画部：土地改良事業計画指針 農地開発(改良山成畑工), 1992.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017.

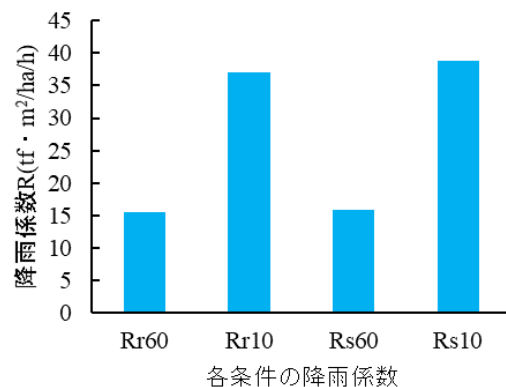


図-2 各条件の降雨係数 R

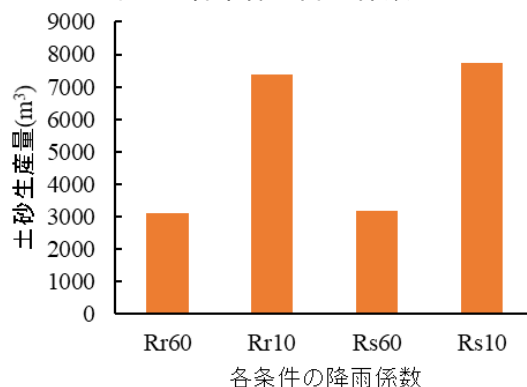


図-3 各条件の土砂生産量