

RUSLE モデルと SDR 式を用いた土砂生産量推定に関する研究

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○葛城 遥佳
東北大学災害科学国際研究所 正会員 有働 恵子

1. はじめに

日本の河川流域において、海岸侵食などの土砂収支の変化によって発生する問題には、流砂系を一貫として長期で管理・対策する総合的な土砂管理が求められる。その第一歩として本研究では、山地で崩壊した土砂(土砂崩壊量 SE)が河道へ流入する量(土砂生産量 SY)の定量的な評価手法の検討を目的とする。日本全域を対象とするため、海外で開発された土壌侵食モデル RUSLE と土砂供給率 SDR(Sediment Delivery Ratio)式を用いた土砂生産量推定手法の日本への適用性について検討する。したがって、まずは日本の河川流域に適した SDR 式の提案を行う。

2. SDR 式の提案方法

土砂供給率 SDR は、崩壊した土砂が実際に河道に流入する割合を示す。土砂生産量 SY と土砂崩壊量 SE を用いると以下の式で定義される。

$$SDR = SY/SE \quad (1)$$

また一般的に、SDR 式は(2)式のように流域面積の累乗関数で表されるが、日本の河川流域においては経験パラメータ α 及び β はいまだ整備されていない。

$$SDR = \alpha \times A^\beta \quad (2)$$

ここで、 α : 定数、 β : 定数、 A : 流域面積[km²]である。本研究では、全国一級河川の各上流端ダム集水域における年平均

実測土砂堆砂量(国交省)を SY、土壌侵食モデル RUSLE により算出した積算崩壊土砂量を SE として(1)式より SDR 値を算出する。その結果を用いて、(2)式の経験パラメータ α 、 β を提案する。

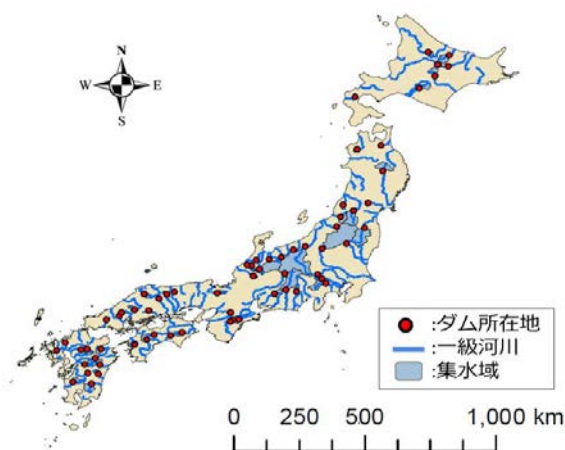


図1 全国一級河川上流端ダムと集水域の分布

3. 解析期間と対象地域

SDR 式の提案について、日本全国の一級河川上流端に位置するダム集水域計 60 地点を対象とした。対象とした上流端ダムには、本流上に位置するダムのみを選定した。解析期間は 2010 年 1 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までの計 5 年間である。対象地域を図 1 に示す。

4. 土砂崩壊量 SE の算出

土砂崩壊量 SE の計算には、アメリカで開発された土壌侵食モデル RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)¹⁾を用いた。RUSLE により求められる土壌侵食量は以下の式(3)で表される。

$$A = R K L S C P \quad (3)$$

ここで、 A : 年間土壌侵食量 [t/ha・y]、 R : 降雨強度係数 [MJ・mm/ha・h・y]、 K : 土壌係数 [t・h/MJ・mm]、 LS : 地形係数[無次元]、 C : 作物係数[無次元]、 P : 土地保全係数[無次元]である。本研究では、得られた年間土壌侵食量 A に土粒子密度 1.8kg/m³ を乗じ、体積換算することで土砂崩壊量 SE を算出した。使用データについて、降雨強度係数 R は Radar-AMeDAS 解析雨量 1km メッシュ 1 時間雨量データを用いた。土壌係数 K は、小原ら(2016)²⁾の 1/20 万日本土壌図を基に与えた。地形係数 LS には、国土数値情報の標高・傾斜度 3 次メッシュデータ(国交省, 2011)³⁾を用いた。作物係数 C と土地保全係数 P には Lazzari ら(2015)⁴⁾が提案した両者の積 CP-factor の値を採用した。

キーワード RUSLE, SDR, 土砂生産量, 土砂崩壊量

連絡先 〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 3 階 E301

東北大学 災害科学国際研究所 災害ジオインフォマティクス研究分野 Tel:022-752-2111

5. SDR 式の算出結果と考察

計算した土砂崩壊量 SE と実測ダム堆砂量 SY より、算出した SDR 式を図 2 に、加えて流域内の平均勾配別に分類した SDR 式を図 3 に示す。得られた SDR 値よりモデル式にあてはめると、 $\alpha=0.478$ 、 $\beta=-0.506$ (決定係数 $R^2 = 0.255$)の値が得られた。Walling(1983)⁵⁾は、過去の研究を参照し β は主に-0.25 から-0.10 までの値をとると述べているが、本研究では範囲外の値となった。この要因としては、本研究で対象とした集水域のうち流域面積が 1000km² 以下のものについて、SDR 値にばらつきが生じていることが挙げられる。

続いて、SDR 値の傾向を分析するため、集水域内の平均勾配別に 0-10 度、10-15 度、15 度以上の 3 つに分類して SDR 式を算出した。0-10 度では、全集水域を対象にした場合とほぼ同程度の決定係数が得られた。10-15 度では、最も高い決定係数を示し、既往研究⁶⁾とほぼ同程度の決定係数を示した。一方で、15 度以上では流域面積との相関がほとんど確認されなかった。要因としては、対象集水域が 1000km² 以下の流域面積のもので構成されているために、データの偏りが大きいことが挙げられる。したがって、より式の精度を上げるためには、地形勾配のみならず他の要因も併せて検討する必要があると考えられる。

6. 結言

本研究では、全国一級河川の上流端ダム集水域を対象として、算出した土砂崩壊量 SE と実測値である土砂生産量 SY から土砂供給率 SDR を算出し、SDR 式の提案を行った。SDR 値と地形勾配との関係については、傾斜が小・中程度の場合は信頼できる値であると判断できるものの、傾斜が非常に大きい場合には、他の要因も併せて検討する必要があることを確認した。今後は、算出した SDR 式の妥当性についての議論として、影響している要因についてさらに分析することとする。加えて、提案された SDR 式を基に、過去の降雨イベントを対象として土砂生産量を推定し、河床変動モデルに適用することで、式の妥当性を確認する予定である。

参考文献

- 1) Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C., *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation 383 (RUSLE)*, USDA, Agricultural Handbook No. 703, 384, 1997.
- 2) 小原洋, 関田裕介, 神山和則, 大倉利明, 前島勇治, 若林正吉, 神田隆志 : 包括的土壌分類第 1 次試案に基づいた 1/20 万日本土壌図, 農業環境技術研究所報告, 第 37 号, pp.133-148, 2016.
- 3) 国土交通省 : 国土数値情報 標高・傾斜度 3 次メッシュデータ, 2011.
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G04-a.html>, (参照 2021-05-06) .
- 4) M.Lazzari, D.Gioia, M.Piccarreta, M.Danese, A.Lanorte: *Sediment yield and erosion rate estimation in the mountain catchments of the Camastra artificial reservoir (Southern Italy): A comparison between different empirical methods*, Catena, 127, pp323-339, 2015.
- 5) Walling, D.E. : *The sediment delivery problem*, Journal of Hydrology 65, pp209-237, 1983.
- 6) Sharda, V.N., Ojasvi, P.R. : *A revised soil erosion budget for India: role of reservoir sedimentation and land-use protection measures*, Earth Surf. Proc. Land. 41, 2007-2023, 2016.

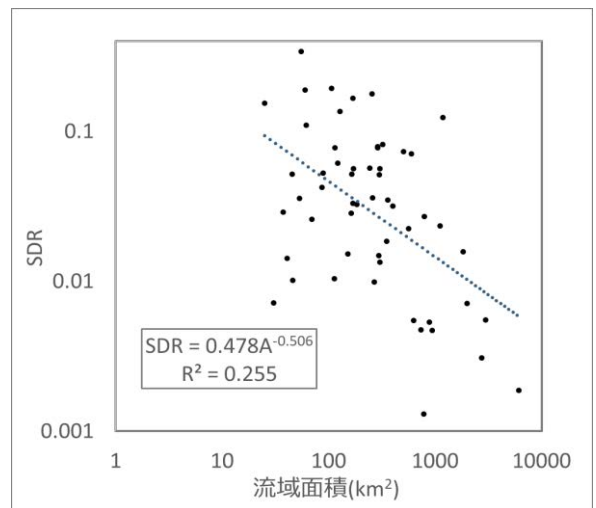


図 2 SDR と流域面積

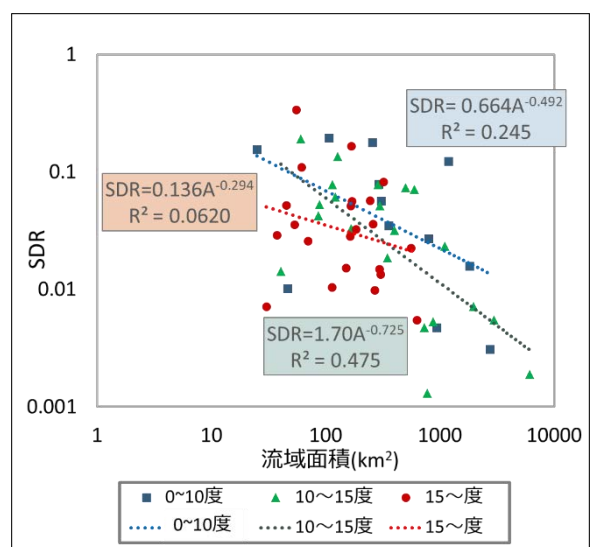


図 3 流域平均勾配別 SDR 式