

京都大学防災研究所 正員 高橋 保

京都大学防災研究所 正員 里深好文

京都大学防災研究所 正員 中川 一

(株)ニュージェック 正員○曾我浩之

1.はじめに わが国の河川は土砂流出が活発であるが、全体を見渡せば、地域ごとによって差異が見られる。そこで全国のどの地域ではどれくらい土砂流出があり、そのうちどれくらいが貯水池にせき止められるのを知ることは、重要である。本研究では、高橋らの研究¹⁾を基にしてこれをさらに発展させるという観点から、全国の河川流域を対象に最新の貯水池堆砂資料を分析し、マクロな立場から求められた比流出土砂量式を用いて実測データとの比較検討を行い、全国の河川流域の土砂流出特性について考察している。

2.比流出土砂量式 降雪による土砂流出の影響を考えるため、土砂流出量の評価については、関東以西の地域と東北、北海道地方の2地域に分割して考えることにする。年間の比流出土砂量を求める際、いずれの地域も、比流砂量はマクロには stream power の指数関数に比例するという考えを基本としている。すなわち、

$$Q_s = C(Q_w I)^n \quad (1)$$

である。ここに、 Q_s ：流砂量、 Q_w ：洪水流量、 I ：河床勾配、 C 、 n ：定数である。

土砂の輸送は河川流量がある程度以上になれば始まるが、それが降雨によってもたらされる場合、その限界が日雨量が50mmであるとする。日雨量が $R(\geq 50)$ である場合のときの日平均流量は、日雨量が50mmである時の $R/50$ 倍になるものと仮定している。

関東以西の地域では、高橋らの研究¹⁾により年間の比流出土砂量 $q_t(\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year})$ は、

$$q_t = 1.7 \times 10^4 C H^{1.5} A^{-0.49} \exp(-0.045 A^{0.45}) \Sigma(R/50)^{1.5} \quad (2)$$

で与えられる。ここに、 A ：流域面積 (km^2)、 H ：ダム地点よりも上流河川の流路長 (km)、 R ：日雨量50mm以上の日降雨量 (mm)である。(1)式中の C 、 H 、 A は特定の流域を対象にすれば一定であり、比堆砂量の年々の変化は $\Sigma(R/50)^{1.5}$ の変化によってもたらされていると考えられている。

東北、北海道地方では融雪による洪水が顕著に見受けられるため、これが土砂流出の原因の1つであると考えられる。土砂の輸送が始まる流量 Q_b は、日雨量が50mmである降雨の河道への流出率 F を用いて、

$$Q_b = A \times 10^6 \times 50 \times 10^{-3} \times P / (24 \times 60 \times 60) \quad (3)$$

で与えられる。ここに、 A ：流域面積 (km^2)である。したがって融雪洪水時の比流砂量 q'_s は(1)式より

$$q'_s = C I^n Q_b^n (Q/Q_b)^n / A \quad (4)$$

である。ここに Q ($\geq Q_b$) 日平均流量 (m^3/s)である。勾配 I に Hack の法則²⁾を用いると、(4)式は、

$$q'_s = C (H/1.54)^n A^{-0.6n-1} Q_b^n (Q/Q_b)^n \quad (5)$$

となる。融雪時において $Q \geq Q_b$ となるような日平均流量 Q をすべて足し合わせれば、融雪洪水による比流出土砂量 q_t がもたらされる。(5)中に $n=1.5$ を代入し降雨による土砂流出の影響を考慮すれば、この地方における年間の比流出土砂量 $q_t(\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year})$ が求まると考えられるので、

$$q_t = 1.7 \times 10^4 C H^{1.5} A^{-0.49} \exp(-0.045 A^{0.45}) \Sigma(R/50)^{1.5} + 4.5 \times 10^4 C H^{1.5} A^{-1.9} Q_b^{1.5} \Sigma(Q/Q_b)^{1.5} \quad (6)$$

係数 C には流域の地形条件や土砂の生産条件が反映されているものと思われるが、その計算方法については、江崎³⁾が指摘したように流域の水系分布や主流の縦断勾配に応じて表1のように求められる。

3.解析方法の概要 解析対象となった貯水池は、貯水用量100万 m^3 以上、堆砂率が約60%以下の流域の

最上流に位置するダムのうち、堆砂量が毎年徐々に増加している貯水池を選んでいる。

貯水池の比堆砂量を求める際、雨量および流量データの対象とする期間と、計算に用いる比流出土砂量式の式番号を表2に示す。ただし、関東以

表1 係数Cの計算方法

地形条件	計算式
ダムの上流には顕著な緩勾配地点が存在し、ダムには殆ど浮遊砂のみが流入すると予想される場合	$C=1.6 (A_j/A_0)^{1.6}$
流域がほぼ一本の主流から成っていると考えられる場合	$C=0.4 (A_j/A_0)^{2.7}$
流域が複数の拮抗する流域から成っていると考えられる場合	$C=0.1 (A_j/A_0)^{2.7}$

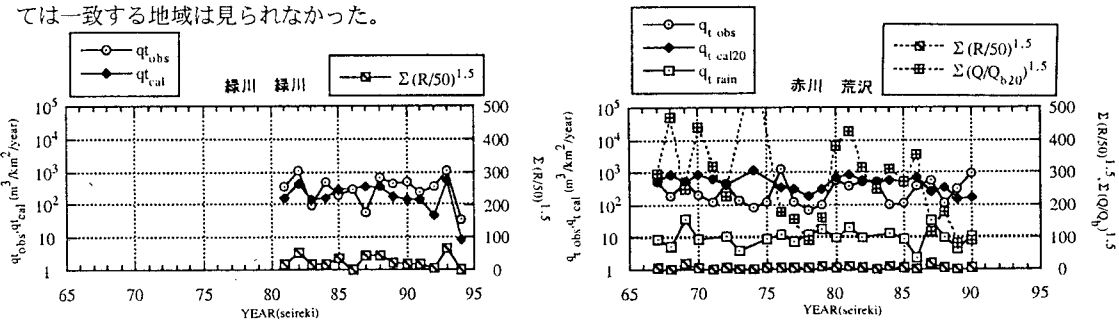
西のうち北陸地方については降雪の影響を除外するため、12月から2月の期間においては雨量データは対象外としている。なお、東北、北海道地方でも12月から3月の期間は雨量データの対象からは除外している。雨量データ、流量データはそれぞれ雨量年表、流量年表に記載されているものを用い、雨量観測点には対象流域に最寄りのものを選び、流量データは下流の最寄りの観測点のデータを用いている。

表2 計算条件

地域	関東以西	東北、北海道
降雨データ	1年中	6/1~11/30
流量データ	考慮しない	4/1~5/31
比流出土砂量式	(2)式	(6)式

流出率については、対象流域において50mm/dayの降雨に対する洪水のピークを流量年表から読み取り、(3)式を用いて流出率Fを求めている。これより流出率は約20%で計算を行えば良いことがわかる。

4.解析結果及び考察 図1は、表1にしたがって各年の比流出土砂量を求め、これと最新の貯水池堆砂資料から得られる堆砂実績とを比較した例である。縦軸の右側には降雨流量データをそれぞれプロットした。荒沢ダムについては降雨のみによる比堆砂量の計算結果も示されている。関東以西の地域では、比堆砂量の絶対値および各年の増減の傾向とも一致している流域が多く見られた。したがってこの地域の土砂流出特性は、流域の地形条件、降雨特性によって支配されていると考えられる。東北、北海道地方では、図1よりこの地域では降雨よりも融雪洪水の影響が土砂流出に大きく作用していると考えられる。この地域では、図1のように比堆砂量の絶対値がほぼ一致する様な地域も見受けられたが、各年の増減の傾向については一致する地域は見られなかった。



5.おわりに 関東以西の地域の土砂流出特性は流域の地形条件と降雨特性によってもたらされているといえる。東北、北海道地方の土砂流出特性は地形条件、降雨特性の他に融雪洪水によって支配されているといえるデータは得られず、土砂流出量の評価方法について再度検討が必要である。

参考文献

- 1) 高橋 保、江頭進治、中川 一：貯水池の堆砂量からみた土砂流出特性、京都大学防災研究所年報
- 2) Hack,J.T. :studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland U.S. Geol. Survey,Prof.1957
- 3) 江崎一博：貯水池の堆砂量の予測に関する研究、土木学会論文報告集、第262号、1977