

II-109

貯水池の堆砂量予測

京都大学防災研究所 正会員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一

1. はじめに 全国の貯水池堆砂資料の分析を通して、新しい堆砂量予測式を提示した。この式は、流域の地形条件と日降雨量を含んでおり、地形図の解析と最寄の日雨量記録の分析によって、年々の堆砂量の変化を求めることができるのが特徴である。

2. 比流出土砂量式 流砂量はstream powerの指数関数で与えられるものとし、

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

と書く。ここに、 Q_s : 流砂量 (m^3/s), Q_w : 洪水流量 (m^3/s), I : 河床勾配, C' : 定数である。土砂の輸送が始まる限界の流量が日雨量50mmに対応するものとして、日雨量が R mm ($R \geq 50$) の際の、流域内のある地点における日平均流量は、日雨量が50mmの場合のそれの ($R/50$) 倍になるものとする。角屋・永井の洪水比流量の式を各種の日雨量に対する日平均流量に対しても適用できるものと仮定すると、(1) 式は、

$$Q_s = C' K_0^n A^{0.94n} \exp(-0.04n A^{0.45}) I^n (R/50)^n \quad (2)$$

のように書き換えられる。ただし、 K_0 は日雨量50mmに対して日平均比流量を与える係数である。

流域面積が A の地点における流砂量は、それより上流の平均的なstream powerによって与えられるものとし、(2) 式の A に $0.5 A$ を用い、 I にはHackの法則を用いると、年間の比流出土砂量(比堆砂量) q_T は、

$$q_T = 86400 (0.34)^n C H^n A^{0.34n-1} \exp(-0.03n A^{0.45}) \Sigma (R/50)^n \quad (3)$$

のように書き表わすことができる。ここに、 C : 定数、 H : 貯水池標高と主流路に沿った最高標高地点との標高差 (km) であり、 Σ は年間を通じての50mmを越える日雨量について合計することを意味する。また、 q_T は $m^3/km^2/year$ 単位である。特定の貯水池を対象とすれば、(3) 式中の A および H は一定であり、 C は雨量と流砂量の関係を示す係数であるが、大規模崩壊等カストロフィックな変動がなければ、時間的にあまり変動しないものと予想される。したがって、特定貯水池の経年的な比堆砂量の変化は、 $\Sigma (R/50)^n$ の年々の変化によってもたらされていると解釈される。

(3) 式において、 C および n が未知である。まず、 n については、(3) 式が q_T を与える正しい式であると仮定して、各貯水池の年々の堆砂量の変化の資料によって、 $q_T / \Sigma (R/50)^n$ の分散を最小にするような n を求め、それらの n の平均値を採用することにする。このとき、貯水池としては、流域の最上流に立地し、高さ25m以上、貯水容量100万 m^3 以上、堆砂率50%以下の66貯水池を選び、しかも、年々の堆砂量が単純に増加している期間の資料のみを用いる。雨量資料としては、雨量年表に記載されているものを用いるので、雨量観測点の対象流域内にない場合もあるが、最寄の観測点の資料を用いることにする。なお、北陸地方については、12、1、2月の降水は除外した。さらに、東北および北海道については、12、1、2月以外の月の降雨量が少なく、降雨が殆どないにもかかわらず毎年ほぼ一定の流出土砂量が観測されるといった現象が認められた。すなわち、これらの地方では土砂流出現象が直接降雨現象に規定されていないものと考えられ(3) 式の適用は不都合であると予想されたので、東北および北海道は除外している。このようにして、関東以西の地方について n の平均値を求めたところ、 $n=1.5$ を得た。結局(3) 式は、

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

となる。通常言われているように、流域面積が大きくなると比流出土砂量が小さくなることを示している。

C には流域の地形条件や土砂生産条件が反映しているものと推察される。そこで、 C に関係するであろう要素を種々抽出し、 C とこれらの要因との相関関係を調べたところ、図1に示すように、全流域面積に占める4°以上の溪床勾配をもつ支流の合計流域面積の割合との相関が比較的良好、さらに、1)ダム上流に顕著な緩勾配地点が存在して、貯水池には殆ど浮遊砂のみが流入すると予想されるような貯水池、2)流域がほぼ

一本の主流からなっていると見なせる貯水池、3) 流域が複数の拮抗する流域からなっていると見なせる貯水池、に分けられるようである。勾配4°以上の溪流は土石流の流下・堆積域であり、顕著な土砂輸送は土石流の形態によってなされる。土石流堆積物は水流によって侵食され、これが貯水池堆砂の主要な源となるものと考えられるので、 $(\Sigma A_j/A)$ がCを規定する重要な要素となるのであろう。

図1中の各直線は、
 (1): $C = 1.6 (\Sigma A_j/A)^{1.6}$ 、
 (2): $C = 0.4 (\Sigma A_j/A)^{2.7}$ 、
 (3): $C = 0.1 (\Sigma A_j/A)^{2.7}$ 、
 で与えられる。

3. 適用性の検討 図2は上のCの値を(4)式に代入し、各年の比流出土砂量を計算して堆砂実績と比較した例である。ところどころに計算と実績とが大きく異なっているのが見出されるが、おおむね、絶対値および各年の傾向ともよく再現されているものと見なすことができる。

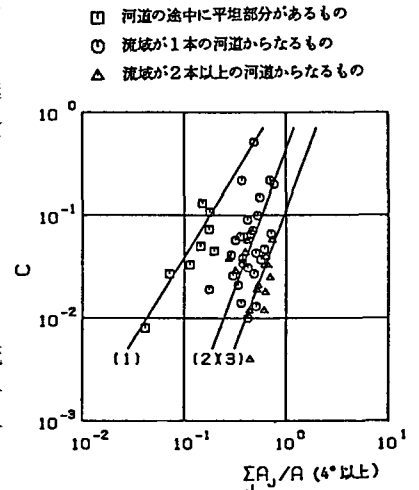


図1 Cと $\Sigma A_j/A$ の関係

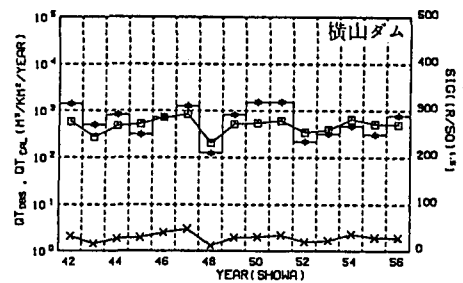
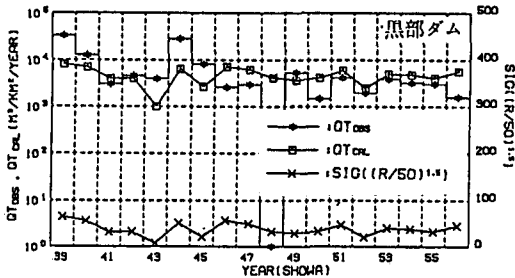


図2 比堆砂量の経年変化の計算と実測の比較例

図3は解析を行なった51貯水池について、地質別、崩壊面積率別に、堆砂期間内の平均比堆砂量の計算値と実測値とを比較したものである。従来、地質および崩壊面積率が堆砂量を支配する重要な要因であるとする予測式も提案されているが、この解析結果では、地質や崩壊面積率によっては顕著な傾向は見出されず、(4)式によって比較的精度よく堆砂量を見積ることができることが分かる。

なお、紙幅の都合で詳細は述べないが、西南日本外帯の高流出土砂地帯は主として降雨特性に支配されて生じており、中部山岳地帯のそれは降雨と地形条件に支配されていることも判明した。

4. おわりに 堆砂資料の詳細な分析、地形解析および流砂と降雨の関係に関する考察から、新しい堆砂量予測式を提案した。本式は関東以西に対しては良い適用性を持っているが、東北・北海道に適用できる式は未だ求まっていない。今後の検討課題としたい。

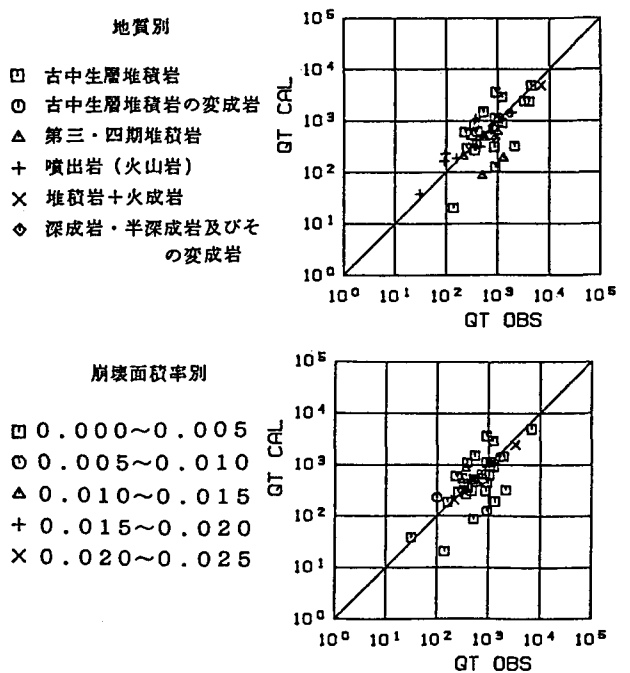


図3 平均比堆砂量の計算値と実測値の比較