

## 24 洪水含砂率を用いた簡便な計画流出土砂量の設定手法について

圃砂防・地すべり技術センター ○安養寺信夫  
建設省河川局砂防課 池谷 浩  
建設省河川局砂防課 森 俊勇

### 1. はじめに

砂防計画の立案に際して、流域の土砂移動特性を把握するための資料が十分に揃っていない場合、「建設省河川砂防技術基準<sup>①</sup>」に参考値として提示されている地質区分別の比流出土砂量（ $m^3/km^2/1$ 洪水）が計画流出土砂量を決定するための一つの目安となっている。

いっぽう、現行の砂防計画は計画規模として降雨確率によるある規模の洪水流出を想定しており、降雨規模が計画流出土砂量を規定すると考えると、上記の参考値では確率規模が既に内挿されているため、降雨確率の変化による土砂量との対応が難しいことがある。

筆者らは、目安値としてとくに掃流区間における計画流出土砂量の設定に参考となる一手法として計画降雨量を考慮した洪水含砂率について提案するものである。

### 2. 計画流出土砂量の概念と資料の整理

計画流出土砂量は「計画生産土砂量のうち、土石流又は流水の掃流力等により運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節能力等を考慮して定める。」と定義されている（建設省河川砂防技術基準<sup>①</sup>）。

既往の計画手法によると、計画生産土砂量 $V_p$ と計画流出土砂量 $V_s$ には次のような関係がある。

$$V_s = (1 - \alpha) V_p \quad (1) \quad \text{ただし、}\alpha\text{は調節率}$$

$$\text{かつ、} \quad V_s = \int^T Q_s dt \quad (2) \quad \text{ただし、}Q_s\text{は土石流、掃流等の流送土砂量}$$

$T$ は土砂流出の継続時間

上の2式は本来は同値であるべきであるが、次の点によって整合しにくいと考えられる。

流出土砂の調節機能は河道のある区間における流入出土砂量の差量として想定できるが、これは洪水規模や土砂の生産条件などによって変化するものである。また、水理的に計算される土砂量は、とくに山地溪流においては水理的条件のほかに移動材料に左右されるとともに、土砂の供給過程を反映しにくい面があるため、計画論上の取り扱いが困難となっている。

このような問題を解決する一方法として、過去に発生した多くの災害事例を統計的に解析していくことが考えられる。しかし、現実には同一の溪流（流域）における災害発生事例に乏しいため、統計的解析に耐えられるだけの資料を収集することは難しく、あくまでも異なった溪流での異なった条件下における資料を解析せざるを得ない。

したがって、本検討では計画論上取り扱い可能な資料として、昭和20年以降の災害資料より流出土砂量、地形条件として面積と流域末端の河床勾配、水文条件として総降雨量を抽出して整理した。資料の出典はおもに建設省、各都道府県等による災害報告書等であるが、とくに谷（谷勲報論文集：砂防センター）による集計結果を利用した。

### 3. 洪水含砂率の考えかた

洪水時における土砂の流出は、流水の水理的能力によって運搬されるという考えかたが一般的である。この考えかたに基づき、土砂輸送能力式や各種流砂量公式による計算が実施されているが、これらは条件設定に未だ複雑な問題が残されている。

筆者らは目安値としての土砂量は経量的に取り扱っても可能であろうと考え、流出土砂量を無次元化して洪水含砂率を設定した。洪水含砂率  $C_s$  は総流出水量（流出率を1とする）に対する流出土砂量  $V_s$  ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) の比として表す。

$$C_s = \frac{V_s}{A \cdot R} \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

A : 流域面積 ( $\text{km}^2$ )

R : 一雨総雨量 (mm)

### 4. 災害時における含砂率の実態

さきに述べたように流出土砂量は生産土砂の供給過程と移動材料によって左右されることが想定されるため、既往災害時の含砂率についても当然バラツキが予想される。移動材料が地質と関連すると想定して地質区別に整理するとつぎのようになった。

洪水含砂率  $C_s$  と流域面積 A との関係は、面積規模が大きくなると含砂率が低下する傾向がみられる (図-1~3)。流域面積が2~4  $\text{km}^2$  より小さいと含砂率が大きくなるケースがあるが、これは土石流等による流出である。従来観測されている土砂濃度 ( $C_d = V_s / (Q_T - V_s)$ ) と比べるとよく適合している。また、地質別には火山噴出物・火山岩地域に高い含砂率がみられるが、10  $\text{km}^2$  以上になるとほぼ同じ程度の含砂率となる。包絡線を引くと、火山地域、花崗岩地域、第三紀堆積岩地域の順で含砂率が下がる傾向がみられる。

勾配による含砂率の変化は全体的に緩勾配になるほど含砂率が低下する傾向にある。これに掃流砂量式による試算結果をプロットすると、式の成立過程からみてもほぼ現実との妥当性は示されている。しかし、特異な土砂流出に対してはかなりの差があることが見られる (図-4)。この差が現実には土砂災害として現れているとも考えることができ、水理計算による推定の可能領域を決定することの困難さを示している。

### 5. 災害現象との対応

含砂率の高い土砂流出が過去の災害事例でどのような形態であったか、一例を昭和31年7月の会津水害時の銀山川の事例で検討する。銀山川は流域面積約14  $\text{km}^2$  で下流勾配が1/65と緩いため、約1 km 間に  $96 \times 10^3 \text{ m}^3$  の土砂堆積が生じた。掃流砂量計算を芦田・高橋・水山式 ( $d_m = 5 \text{ cm}$ ) と用いて洪水時流量より試算すると、上下流の勾配変化による流砂量の差引による堆積土砂量は約  $36 \times 10^3 \text{ m}^3$  となる。このときの含砂率は実績  $C_s = 0.09$ 、計算  $C_s = 0.01$  となる。計算式による堆積高を上下流勾配の1/2 勾配として設定すると、実績堆積高より過小に評価される場合があることを示している (図-5)。

このように、実現象と理論値とはレンジがあるため、いくつかの流砂量式が提案されているものの計算式のみでは十分に現象を説明しきれない面がある。模式的に示すと、図-6のように流域面積の増加 (勾配の緩和) によって含砂率は低下していくが、同一の河川においても粒径や掃流力、あるいは河床の抵抗などが不均一に変化していくため、下流部へ高濃度 (高含砂) で土砂流出が生じた場合に大きな災害となると想定される。とくに、このような場として扇状地や谷出口付近の氾濫原があ

げられる。また、災害現象は単に濃度の変化だけで生じるものではないことは言うまでもないことである。

### 7. 砂防計画への適用と今後の課題

現在、計画策定の際に基礎資料が充分整備されていない場合、計画流出土砂量等の設定には外挿的な手法によらざるを得ないことがある。今回の提案は、そのような条件でとくに土砂流と掃流の混在する河道区間における流出土砂量の推定に応用が可能と考えられる。したがって、具体的には次の手順で算定することになる。

- (1) 計画規模の設定に基づき、計画降雨量を算定する。その際に過去の災害時の降雨等より連続降雨の時間(日数)を考慮する必要がある。
- (2) 土石流区域か掃流区域かを勾配等から判断する。掃流区域の場合、計画上は面積規模による包絡線上より地質区別に含砂率 $C_s$ を求める。
- (3) 計画流出土砂量 $V_s$ を流域面積 $A$ ( $km^2$ )、計画降雨量 $R$ ( $mm$ )、洪水含砂率 $C_s$ によって算出する。

$$V_s = A \cdot R \cdot C_s \quad (m^3)$$

今回の検討はあくまで砂防計画を立案する際の一参考として簡便に計画流出土砂量を求める方法であり、計画生産土砂量、計画流出土砂量を流域の特性に応じて策定できる資料のある場合には、そちらに従って量的検討をすべきであろう。

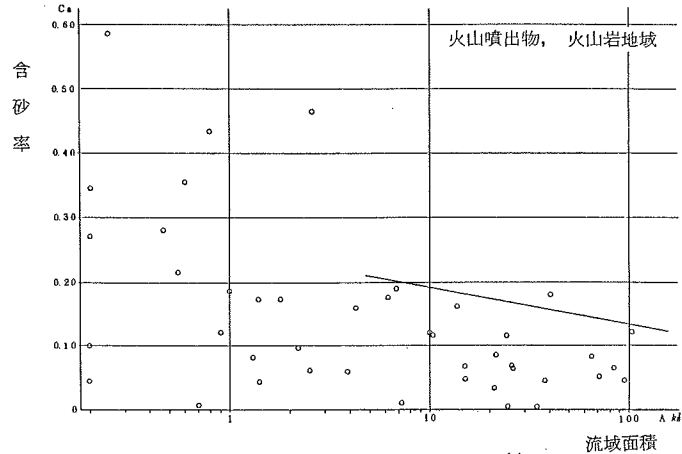


図-1 流域面積と含砂率 (1)

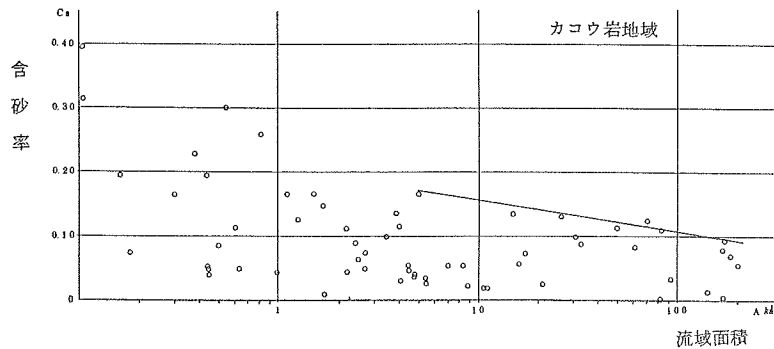


図-2 流域面積と含砂率 (2)

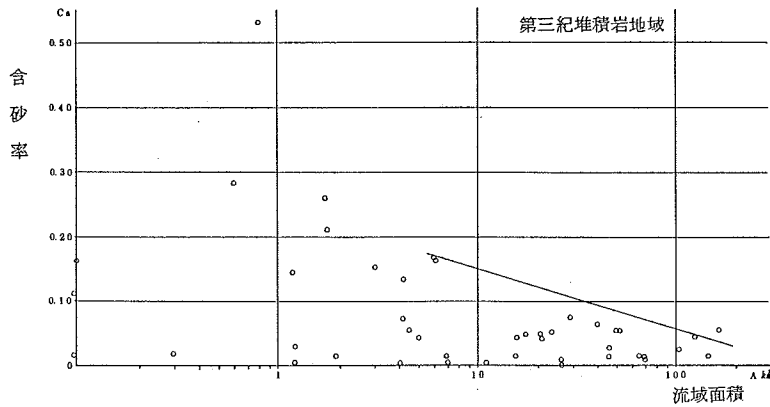


図-3 流域面積と含砂率 (3)

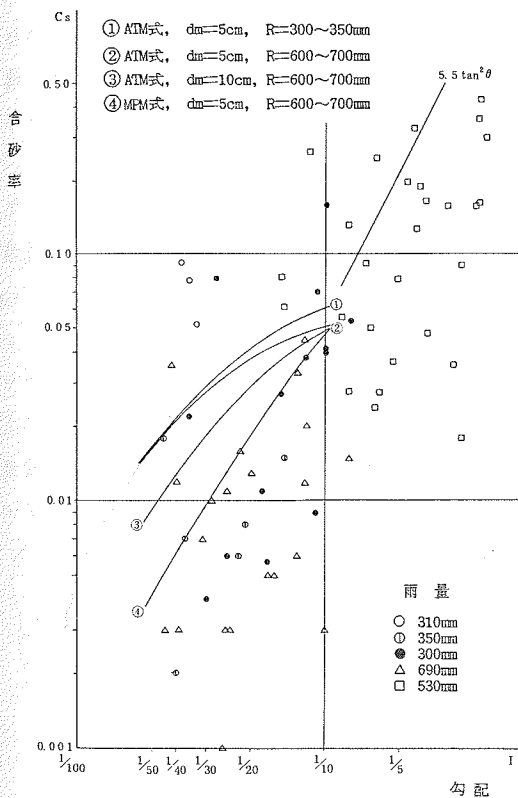


図-4 勾配と含砂率

河道条件：平均河幅 下流 14m, 上流10mとして堆積高を算出  
 計算条件：AIM式,  $dm = 5cm$ , 雨量310mmに対応する流量による

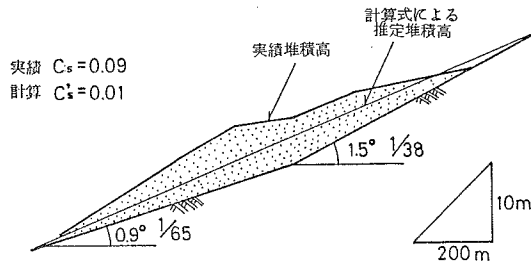


図-5 異常土砂流出時の堆積模式図  
 (S 31,7 会津災害 銀山川)

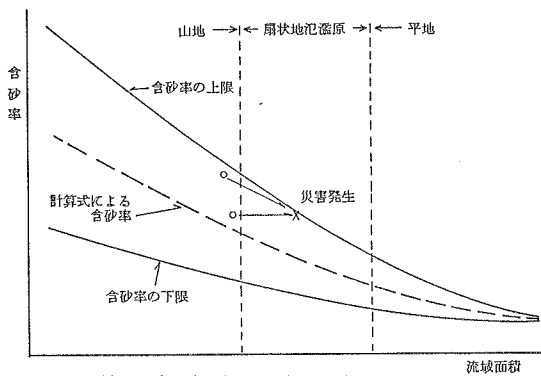


図-6 含砂率の変化模式図