

# 095 森林伐採とダム堆砂量との関係 —早明浦ダム上流域を例として—

高知大学農学部 平松 晋也 ○黒岩 知恵  
国土交通省四国山地砂防工事(事) 岡本 敦 高島 浩信

## 1. はじめに

近年、全国各地の林業地域において、森林施業の粗放化に伴う土砂生産の活発化が多数報告されるようになり、森林管理の重要性が広く認識されるとともに、持続可能な森林施業の方法が再度検討されるようになってきた。また、砂防計画において水源域から海域にわたる総合的な土砂管理が求められる昨今の事情を考えると、流域スケールで土砂収支を議論するにあたって、森林施業状態の変化が土砂生産現象に与える影響の定量化ならびに評価手法の確立が望まれるところである。

本研究では、合理的な流域管理を考案するための一助として、森林施業状態の変化が土砂生産状況に及ぼす影響を定量的に把握するとともに、森林施業状態の変化を指標として土砂生産の危険度評価を行うことの可能性について検討を加えた。

## 2. 対象流域の概要

対象流域は、三重県中央部に位置する「宮川ダム上流域(125.6km<sup>2</sup>)」と高知県北部に位置する「長沢ダム上流域(70.0km<sup>2</sup>)」である。宮川ダム上流域の主流路延長は26km、平均河床勾配は1/18で、地質は秩父古生層の粘板岩・砂岩である。長沢ダム上流域の主流路延長は19km、平均河床勾配は1/15で、地質は三波川帯に属し、流域上・中流部は緑色片岩、下流部は黒色片岩から成る。ダム堆砂状況の推移を示す図-1より、宮川ダムでは、1958~1988年の年平均堆砂量は41,000m<sup>3</sup>/yearであったのに対し、1989年以降は153,000m<sup>3</sup>/yearと約4倍の値を示し、1989年以降堆砂量は急増したことがわかる。一方、長沢ダムの堆砂量は、1977年頃を境に減少傾向に転じている。特に、1975~1977年の年間堆砂量は327,000~757,000m<sup>3</sup>/yearと、1978年以降の年平均堆砂量:24,500m<sup>3</sup>/yearの13~32倍の値を示す。

## 3. 降雨量と堆砂量との関係

宮川ダムでは、1958~1985年の比堆砂量:Qs(m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/year)は年最大日雨量:Rd:(mm/day)を用いて(1)式で、1986~1996年の比堆砂量:Qsは年間総雨量:Ry(mm/year)を用いて(2)式で表すことができる。一方、長沢ダムの比堆砂量:Qsは年最大日雨量:Rdを用いて(3)式で表される。

【宮川ダム:1958~1985年】

$$Q_s = 75.19 \cdot e^{0.0031 \cdot Rd} \quad (r=0.39) \quad \dots\dots (1)$$

【宮川ダム:1986~1996年】

$$Q_s = 13.76 \cdot e^{0.0013 \cdot Ry} \quad (r=0.84) \quad \dots\dots (2)$$

【長沢ダム】

$$Q_s = 45.16 \cdot e^{0.0064 \cdot Rd} \quad (r=0.48) \quad \dots\dots (3)$$

## 4. 森林施業と土砂生産

### 4.1 森林施業状態の変遷

両流域共に、1975年頃までは森林伐採が盛んに行われていたのに対し、それ以降は緩やかな減少傾向を示す。1965~1998年の総伐採面積は、宮川ダム上流域で2,938ha(流域の約23%)、長沢ダム上流域で2,512ha(流域の約36%)である。また、1970年頃までは伐採後直ちに植栽が行われていたが、1970年以降は徐々に行われなくなり、近年無植栽地が増加している。特に、この傾向は宮川ダム上流域で顕著であった。

### 4.2 森林施業状態と堆砂量との関係

宮川ダム上流域の植栽面積と堆砂量との間には負の相関性(図-2 中の実線)が、無植栽面積と堆砂量の間には正の相関性(図-2 中の点線)が見られる。一方、長沢ダム上流域では、伐採面積の増加とともに堆砂量も増加する(図-3 中の実線)。以上より、森林施業状態(伐採・植栽)は、流域内の土砂生産すなわちダム堆砂量に影響を及ぼすことが確認された。

## 5. 森林施業状態を指標とした土砂生産予測

### 5.1 植栽の有・無を指標とした斜面安定性変動予測モデル

図-4は、既往研究で提示された「植栽の有・無による斜面安定性変動予測モデル」の概念を示したものであり、伐採による斜面の安定化と植栽による斜面の不安定化の双方を考慮することにより、土砂生産の危険度が評価されることになる。伐採による不

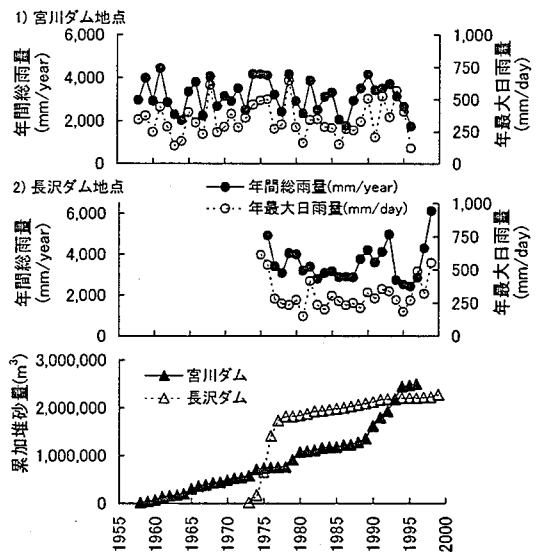


図-1 堆砂量と年間総雨量・年最大日雨量の変遷;宮川ダム,長沢ダム

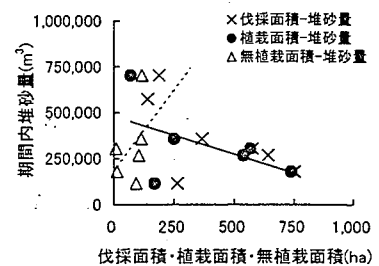


図-2 森林施業と堆砂量との関係(宮川ダム)

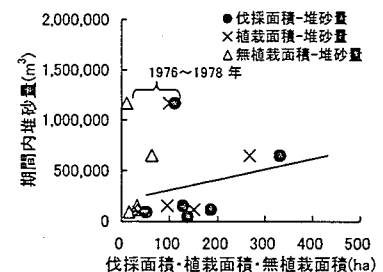


図-3 森林施業と堆砂量との関係(長沢ダム)

安定化率:  $Ls(t)$  は伐採  $T_{L(0)}$  年後より増加し始め、 $T_{L(100)}$  年で 100% になる。植栽による安定化率:  $Fs(t)$  は植栽  $T_{F(0)}$  年後より増加し始め、 $T_{F(100)}$  年で 100% になる。これらの境界年数は、流域の気象条件・立地条件・林相等により変化し、流域固有の値を有することになる。伐採後  $t$  年の不安定化率:  $Ls(t)(\%)$  に伐採面積:  $AL(\text{ha})$  を乗じた値を「伐採による不安定化面積:  $ALs(t)(\text{ha})$ :(4)式」、植栽後  $t$  年の安定化率:  $Fs(t)$  に植栽面積:  $AF(\text{ha})$  を乗じた値を「植栽による安定化面積:  $AFs(t)(\text{ha})$ :(5)式」、さらに、不安定化面積から安定化面積を差し引いた値を「土砂生産可能面積:  $AP(t)(\text{ha})$ :(6)式」と定義し、この値の流域面積:  $a(\text{ha})$  に対する比率: 「土砂生産可能面積率:  $APr(t)(\%)$ 」を森林施業状態の変化に伴う土砂生産危険度の評価指標とした。

$$ALs(t) = AL \cdot Ls(t) \dots\dots (4) \quad AFs(t) = AF \cdot Fs(t) \dots\dots (5)$$

$$AP(t) = ALs(t) - AFs(t) \dots\dots (6)$$

モデル中の境界年数は、樹木根系の土砂生産抑止効果を勘案し、0~30年の範囲内で5年間隔で種々変化させ、試行錯誤により、宮川ダム上流域は  $T_{L(0)}=5, T_{L(100)}=20, T_{F(0)}=5$  及び  $T_{F(100)}=20$  年、長沢ダム上流域は  $T_{L(0)}=0, T_{L(100)}=5, T_{F(0)}=5$  及び  $T_{F(100)}=10$  年と設定した。

### 5.2 土砂生産可能面積率 ( $APr(t)$ ) と堆砂量との関係

宮川ダム上流域では、近年の急激な堆砂量の増加とともに土砂生産可能面積率も増加傾向を示す(図-5)。長沢ダム上流域では、土砂生産可能面積率は堆砂量が急増した1976年頃までは増加傾向を示し、堆砂量が減少傾向に転じた1976年を境に減少している(図-6)。以上の結果より、土砂生産可能面積率:  $APr(t)$  は、ダム堆砂量の説明変数として利用可能となることがわかる。

### 5.3 土砂生産可能面積率 ( $APr(t)$ ) を指標とした堆砂量の再現

流域内の土砂生産状況(堆砂量)の説明変数として降雨量と土砂生産可能面積率を抽出し、これらを指標とした「生産土砂量予測式」を提示した。宮川ダムの1958~1985年の比堆砂量は(7)式で、1986~1996年の比堆砂量は(8)式で、長沢ダムの比堆砂量は(9)式で求められる。

【宮川ダム;1958~1985年】  
 $Qs = 37.59 \cdot e^{0.0031 \cdot Rd} + 209.63 \cdot APr(t) + 155.01 \dots\dots (7)$

【宮川ダム;1986~1996年】  
 $Qs = 6.88 \cdot e^{0.0013 \cdot Ry} + 209.63 \cdot APr(t) + 155.01 \dots\dots (8)$

【長沢ダム】  
 $Qs = e^{(0.0064 \cdot Rd - 0.58) + 1.28 \cdot APr(t)^{1.99}} \dots\dots (9)$

宮川ダムの比堆砂量の計算値と実績値の経年変化を示す図-7より、堆砂量の多かった1988~1996年における堆砂量の急増や1990年をピークに堆砂量が減少する傾向は忠実に再現されているものの、1965, 1974, 1979及び1980年の計算値は実績値の1/4~1/3倍と過少評価されている。これは、これら4箇年の堆砂量が崩壊の影響を強く受けたことによるものと推測される。一方、長沢ダムでは、1977年以降堆砂量が急減する傾向は良好に再現されているものの、1975年の計算値は実績値の2倍程度、1976年の計算値は実績値の1/2程度となった(図-8)。これは、1975年に崩壊が多発したことによるものであり、この崩壊土砂がダム地点へと到達するまでの時間的な遅れを考慮することにより、堆砂量の再現精度が向上することが予想される。

### 6. まとめ

本モデルでは、突発的な堆砂量の増加傾向までは再現することができなかったものの、土砂生産状況の異なる流域においても図4中の境界年数( $T_{L(0)}, T_{L(100)}, T_{F(0)}, T_{F(100)}$ )を変化させることで同モデルが適用可能となることが確認された。今後は、土砂生産形態を表面侵食と表層崩壊とに分離するとともに、生産土砂がダム地点へと到達するまでの時間的な遅れを考慮(河床変動計算)することにより、モデルの再現精度を向上させる必要がある。現在、森林施業状態の異なる複数地点で表面侵食土砂の測定を行っている。今後は、この観測結果を基に物理的側面から森林施業と土砂生産の因果関係を明らかにし、モデルの信頼性の向上を試みる予定である。

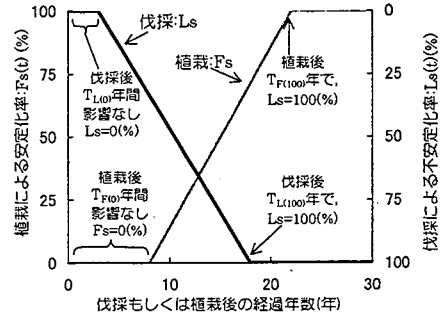


図-4 植栽の有・無による斜面安定性変動予測モデル

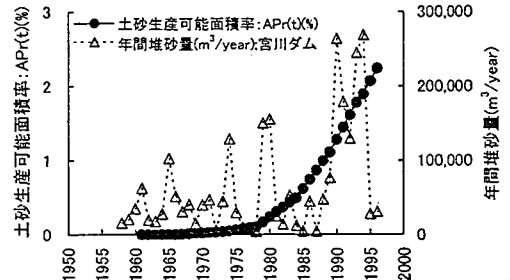


図-5 土砂生産可能面積率と年間堆砂量(宮川ダム)の経年変化

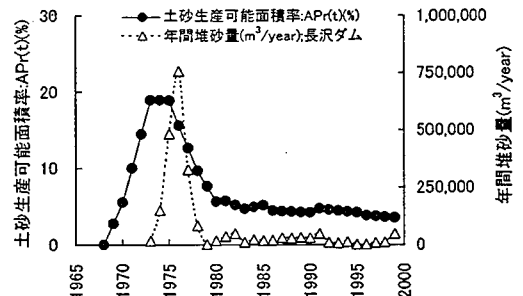


図-6 土砂生産可能面積率と年間堆砂量(長沢ダム)の経年変化

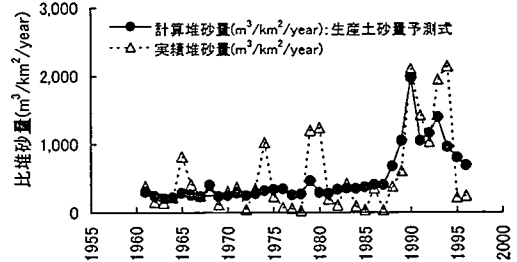


図-7 実績堆砂量と計算堆砂量の経年変化(宮川ダム)

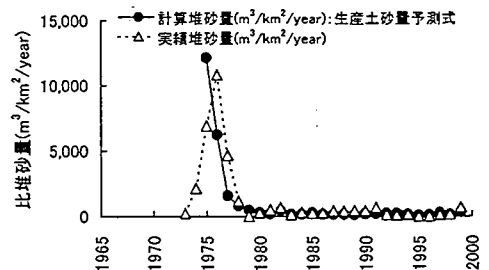


図-8 実績堆砂量と計算堆砂量の経年変化(長沢ダム)