

# 気候変動に伴う九州における豪雨増加と土砂流出の変動

九州大学農学研究院森林保全学研究室 久保田哲也

## 1. はじめに

21世紀が始まって以来、地球規模の気候変動が注目され、地球温暖化が事実であれば、九州など地域によっては、水蒸気の増加に伴い降雨も増加すると考えられている。また、地球温暖化が原因かどうかとは別に、降雨極値や強雨頻度は増加傾向にある（例えば久保田2008）。従って、土砂流出を促す豪雨が増加する恐れが考えられる。従って、ここでは、九州における強雨の長期変動（増加）の特徴とそれに伴う土砂流出の長期変動について検討を行った。

## 2. 研究対象地域と研究方法

対象地域は、ダムの堆砂量調査などにより、長期にわたる土砂流出量  $Q_s$  が把握できる、宮崎県耳川流域とした。この流域における九州電力の発電ダムに流出した年間土砂量と同流域の観測雨量データを用い、Kendall の順位相関解析（松山他 2005）や周波数解析などの解析手法により長期変動の特徴を検討した。

## 3. 土砂流出の長期変動

約30年間のデータでは、土砂流出量はどのダムにおいても長期の増加傾向が見られる（図1～4）。Kendall の順位相関解析では、岩屋戸ダムと塚原ダム以外の変動は、統計的に有意ではないが、図のように増加傾向は明らかで、 $Q_s$  と雨量との関連（図5、T. Kubota 他2008）から、雨量の増加に伴い  $Q_s$  も増加する。

## 4. 降雨量の増加とその影響の評価

次に降雨の経年変化を検討する。地球温暖化が原因

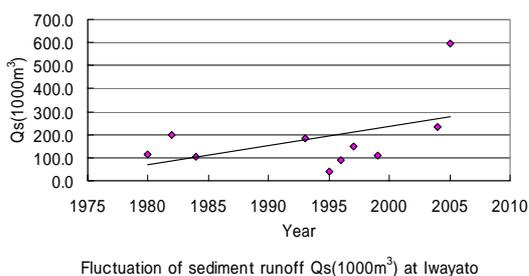
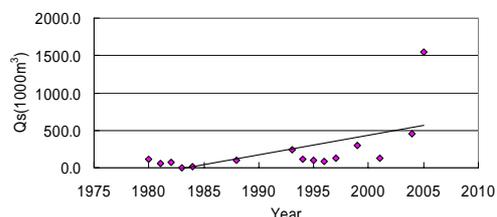
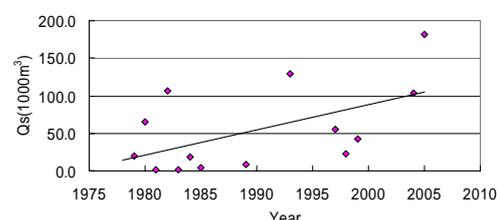


図1 岩屋戸ダムの土砂流出量経年変動



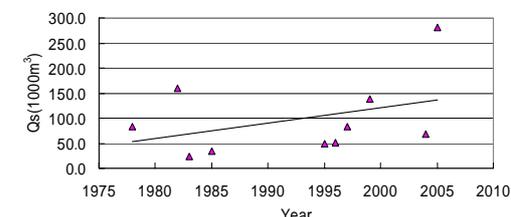
Fluctuation of sediment runoff  $Q_s$ (1000m<sup>3</sup>) at Tsukabaru

図2 塚原ダムの土砂流出量経年変動



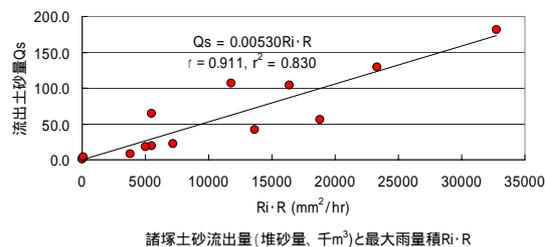
Fluctuation of sediment runoff  $Q_s$ (1000m<sup>3</sup>) at Morotsuka

図3 諸塚ダムの土砂流出量の経年変動



Fluctuation of sediment runoff  $Q_s$ (1000m<sup>3</sup>) at Yamasubar

図4 山須原ダムの土砂流出量の経年変動



諸塚土砂流出量(堆砂量、千m<sup>3</sup>)と最大雨量積  $R_i \cdot R$

図5 時間雨量と総雨量の積  $R_i \cdot R$  と土砂流出量  $Q_s$  の関係の一例（諸塚ダム流域）

かどうかは不明であるが、土砂流出量と同様、どのダムにおいても降雨量には長期（約30年間）の増加傾向が見られる（図6）。Kendall の順位相関解析では、総

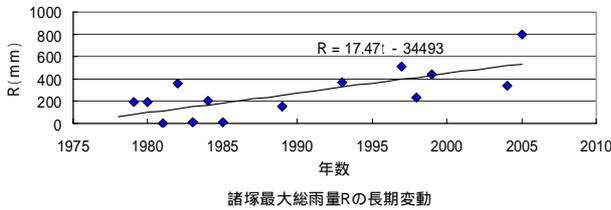
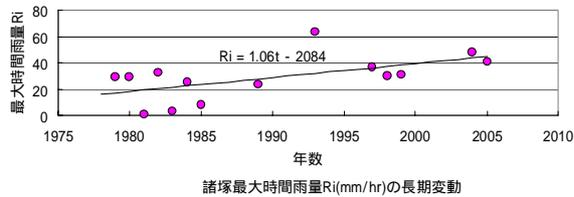


図6 雨量の長期変動の例（上：諸塚ダムの期間最大時間雨量、下：同 期間最大総雨量）

雨量の増加はほとんどの場所で有意であり、時間雨量でも有意なものが多く見られた。どちらにしても、増加傾向は明らかと思われる。

### 5. 土砂流出量 $Q_s$ と変動周期の分析

降雨量とともに崩壊発生も増加し、土砂流出も増加するが、その理論的な評価は熱力学のアナロジーによる理論(下式)などにより可能と思われる。

崩壊面積  $A_f$ 、崩壊個数  $N$  の推定式 (吉松 1977):

$$A_f/A = (a_i \cdot N)/A = C_0 \cdot Re \cdot C_1 \cdot (R-R_0)^{C_2} \quad (1)$$

$$N/A = C_0 \cdot Re \cdot C_1 \cdot (R-R_0)^{C_2} / a_i \quad (2)$$

$a_i$ : 各崩壊の平均面積、 $C_0, C_1, C_2$ : 降雨パターンなどに関する定数、 $Re$ : 流域の起伏量、 $R_0$ : 損失雨量、 $A$ : 流域面積。次に、崩壊のみからの流出土砂量  $Q_{sl}$  (柿 1983) は、 $Q_{sl} = f \cdot v_i \cdot N \dots (3)$

$$f = I^{0.4} / A^{0.2-0.3} \dots (4)$$

$v_i$ : 各崩壊の土塊体積、 $f$ : 流出率、 $I$ : 溪流の河床勾配。上椎葉ダム上流の支策小流域をサンプルに取り、2003年～2005年の航空写真より崩壊の経時変化を解析し、期間最大総雨量との関係を見ると、図7のように(2)式の関係が見られた。従って、降雨量の変動に伴い、斜面崩壊面積や個数も変動し、その土砂が、(3)(4)式のように流出するので、下流への流出土砂量は図1～4のように増加するとも考えられる。図5のように土石流量や流出土砂量は雨量(流量)とともに増加す

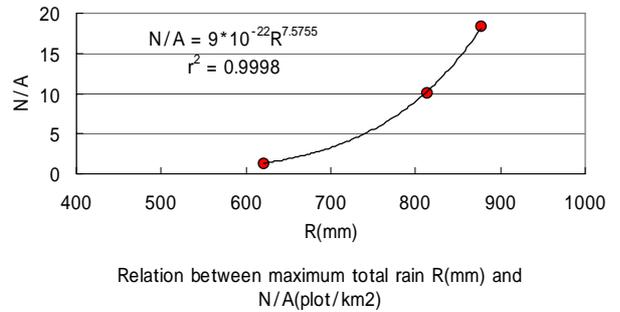


図7 上椎葉ダム上流域サンプル小流域における崩壊密度と期間内最大総雨量との関係(2003～05年)

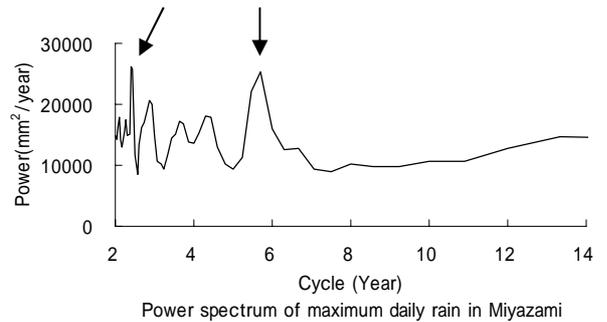


図8 宮崎市の100年間における年最大日雨量の長期変動パワースペクトル(図中 は周期を示す)

るので、この点でも雨量の増加は  $Q_s$  の増加に直接結びつくと考えられる。また、ENSOの影響が、宮崎での雨量は3年や6年程度の周期を持ち(図8、久保田 2008)、図1～4の  $Q_s$  の変動周期と一致すると考えられる。

### 6. まとめ

九州(耳川)における土砂流出は長期的に数十万  $m^3$  程度増加している。その直接的原因は雨量の長期的増加と思われる。今後も気候変動による  $Q_s$  の増加が懸念され、3～6年周期で大流出の可能性もある。また、本研究の一部は九州電力との共同研究に拠った。

### 引用文献(50音別)

- 1) 柿徳市(1983): 砂防計画論、(社)全国治水砂防協会、35-74。
- 2) 久保田哲也他(2008): 異常豪雨の長期的増加傾向と土砂災害の気象条件予測、H20砂防学会研究発表概要集、4-5。
- 3) T. Kubota et. al(2008): The warning standard rain of sediment runoff and shallow landslides along the mountainous torrent, Proc. of the 1st WLF, 325-328。
- 4) 松山洋他(2005): 実践気候データ解析、古今書院、45-49。
- 5) 吉松弘行(1977): 山腹崩壊の予測式について、新砂防、102、1-9。