

## 20 崩壊発生もし易さに関する多雨地域と非多雨地域での比較

高知大学農学部 平松 晋也 ○別所 慎也

### 1. はじめに

表層崩壊や土石流に代表される土砂の移動現象の主要因は降雨である。四国内では、「太平洋沿岸地域：高知県」と「瀬戸内海沿岸地域：愛媛県」とでは雨の降り方が大きく異なっている。具体的には、高知県：「多雨地域」、愛媛県：「非多雨地域」としてそれぞれ位置付けられる。一方、四国内の土砂生産環境（状況）に目を向けると、特に多雨地域で土砂生産が活発であるといった傾向は認められず、逆に「非多雨地域である愛媛県内の方が土砂生産が活発化している：平成 11 年重信川災害」といった状況も見受けられる。本研究は、四国内における土砂災害環境の相違や変化（変遷：土砂災害環境の時間的変化）の原因を解明するとともに、将来の四国内での土砂災害対策のあり方を議論・模索する上での基礎情報を提供することを目的として実施したものである。

### 2. 対象流域の概要

対象流域としては、多雨地域として高知県内の梶原川流域内の奥山川を、非多雨地域として愛媛県内の重信川流域内の上宿野谷を抽出した。上宿野谷（非多雨地域）は、愛媛県中央部に位置する重信川上流右支川である表川の上流部に位置する流域面積：0.456km<sup>2</sup>の小溪流で、平均斜面勾配は 23.3° である。流域の地質は主に泉層群、久万層群であり、岩質は主に砂岩である。流域の大部分をスギ・ヒノキの人工林が占めている。なお、年間降雨量は 1,500~2,000 (mm/year) 程度である。一方、奥山川流域（多雨地域）は、高知県西部に位置する四万十川上流右支川である梶原川上流部に位置する流域面積：0.274km<sup>2</sup>の小溪流で、平均勾配は 22.5° である。流域の地質は主に四万十帯の須崎層であり、岩質は暗灰色の泥岩と砂岩である。中下流域の右岸側はスギ林、左岸側はアカマツの点在する落葉広葉樹林、上流域はヒノキ林となっている。なお、年間降雨量は 2,500~3,000 (mm/year) である。

### 3. 土質特性と Nc 値の関係

上宿野谷流域内の 2 地点と奥山川流域内の 5 地点より採取した土壌物理試験用供試体を用いて密度試験を実施し、乾燥密度(ρ<sub>d</sub>)、間隙率(n)求めた。また、供試体採取場所において斜面簡易貫入試験を実施し、Nc 値の深度分布特性を把握した。その結果、上宿野谷流域(非多雨地域)と奥山川流域(多雨地域)の土壌に対しては、場所の相違にかかわらず乾燥密度と間隙率は Nc 値を用いて(1)、(2)式で表すことが可能となった(図-1)。

$$\rho_d = 0.2692 \cdot \ln(Nc) + 0.6794 \quad \dots (1)$$

$$n = -0.913 \cdot \ln(Nc) + 0.7238 \quad \dots (2)$$

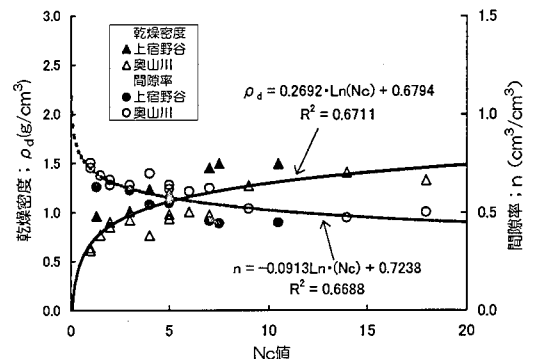


図-1 Nc値と乾燥密度・間隙率との関係

### 4. 表層崩壊発生危険度

#### 4.1 崩壊発生危険度評価モデル

本研究で採用した「崩壊発生危険度評価モデル」<sup>1)</sup>では、図-2に示すように、土層厚の成長(素因)と降雨の発生し易さ(発生確率;誘因)を考慮し、時間経過とともに変化するこれらの値を基に、個々の斜面に対して安定解析を実施することにより崩壊に至るまでの必要年数(ここでは、「斜面安定化指数」と呼ぶ)を介して崩壊発生危険度が評価可能となる。

対象流域内の各斜面に対し、限界水深: H<sub>cr</sub>と崩壊誘発限界降雨量: R<sub>cr</sub>を求め、斜面安定化指数を算出した。具体的には、対象流域内を 50m メッシュで分割(上宿野谷: 57 斜面, 奥山川: 26 斜面)し、それぞれの斜面に対して(3)~(6)式を基に R<sub>cr</sub>を算出し、R<sub>cr</sub>が確率降雨量: R<sub>24</sub>を上回る時点で崩壊が発生するものとみなした(図-2)。

$$H_{cr} = \frac{C - \gamma_t \cdot \cos^2 \beta \cdot (\tan \beta - \tan \phi) \cdot D}{\cos^2 \beta \cdot \{(\gamma_{sat} - \gamma_t) \cdot \tan \beta - \tan \phi\} + \gamma_w \cdot \tan \phi} \quad \dots (3)$$

$$\gamma_t = \gamma_d + \theta_s \quad \dots (5)$$

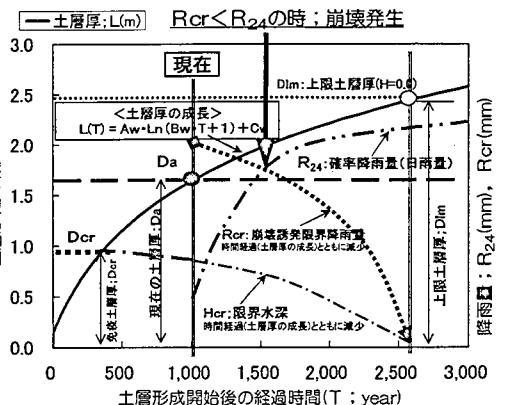


図-2 崩壊発生危険度評価モデルの概念

$$\gamma_{sat} = \gamma_d + n \quad \dots (4)$$

$$R_{cr} = (n - \theta_s) \cdot H_{cr} \cdot 1000 \quad \dots (6)$$

個々の斜面に対して斜面安定化指数を算定する上で必要となる $r_a$ と $n$ は、上宿野谷と奥山川流域内のそれぞれ7地点、26地点に対して実施した斜面簡易貫入試験結果を(1)、(2)に代入することにより算出し、斜面簡易貫入試験実施地点の支配エリア内の各斜面に対してこれらの値を与えた。

#### 4.2 斜面安定化指数の分布状況

「崩壊発生危険度評価モデル」を上宿野谷流域（非多雨地域）に適用することにより得られた「斜面安定化指数」の分布状況を図-3に示す。流域の右岸側と最上流部では斜面安定化指数が500年以上を示し、安定性が高いことがわかる。一方、左岸斜面部では、斜面安定化指数が500年以下を示す地点が大部分を占め、特に下流部左岸側では斜面安定化指数が100年以下の地点が見られ、崩壊の危険性が高いことがわかる(地点(15,13)で斜面安定化指数が24年と最も低い値を示した)。

#### 4.3 上宿野谷(非多雨地域)と栲原川(多雨地域)との比較

斜面安定化指数の累加頻度を示したものを図-4に示す。上宿野谷流域(非多雨地域)内は斜面安定化指数が10年以下の斜面は存在せず、逆に、斜面安定化指数が1000年以上を示す斜面が60%以上を占め、同流域内の斜面は安定していることがわかる。一方、奥山川流域(多雨地域)は斜面安定化指数が10年以下の地点が流域の50%以上を占め、上宿野谷に比べ崩壊の可能性が高いことがわかる。このように、両流域での崩壊危険度に大きな差が見られた原因としては、降雨量の相違が挙げられる。両流域での確率日雨量(図-5)を比較すると、奥山川流域の方が100~300mm/dayも降雨量が大きくなっていることがわかる。上宿野谷に対し奥山川流域の降雨量を与えた場合(図-4)、上宿野谷の斜面安定化指数は小さくなり、累加頻度曲線は崩壊に対して危険側にシフトしていることがわかる。

図-6は、上宿野谷流域内より(20,16)斜面を代表例として抽出し、「斜面安定化指数」の算定結果を示したものであり、400年後に崩壊が発生する結果となった。これに対して、上宿野谷に対して奥山川の降雨量を与えた場合、現在から16年後に崩壊が発生し、斜面安定化指数が384年も短縮される結果となった。

このように、上宿野谷に対し奥山川流域の降雨量を与えた場合、斜面安定化指数は小さくなったものの、同じ降雨を与えているにもかかわらず栲原川の結果にまでは至っていない。この原因としては、土層厚(土層厚の成長速度)の相違が挙げられる。上宿野谷と奥山川流域内の土層厚の出現頻度をとりまとめた図-7より、多雨地域として位置付けられる奥山川流域の方が土層厚が薄くなっていることがわかる。

### 5. おわりに

既往研究<sup>1)</sup>で提示した「崩壊発生危険度評価モデル」を多雨地域と非多雨地域に対して適用した結果、斜面安定化指数(崩壊に至るまでの必要年数)に175年程度の相違(上宿野谷:227年,奥山川:52年)が見られた。この差の原因としては、降雨量の相違が大きな影響を及ぼしていることが確認された。このように、多雨地域では崩壊が発生しやすく非多雨地域では発生し難いといった結果となり、崩壊の免疫性の議論にまでは至らなかった。これは、土層厚の成長速度<sup>2)</sup>を両流域で同一と決定したこともその原因の一つとして挙げられよう。今後は、土層厚やその成長速度の相違に着目し、崩壊に対する免疫性の解明を試みる予定である。

#### <参考文献>

- 1) 亀田光彦:山腹斜面を構成する表層土の構造と発達に関する水文・地形学的研究,1999年度,高知大学卒業論文
- 2) 飯田智之:表層崩壊の免疫性と崩壊確率モデル,地形,第14巻第1号,P17-31,1993

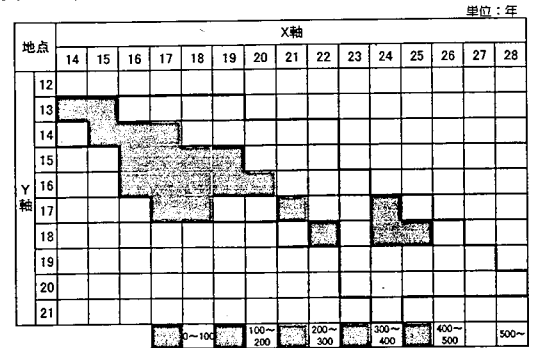


図-3 斜面安定化指数の分布(上宿野谷)

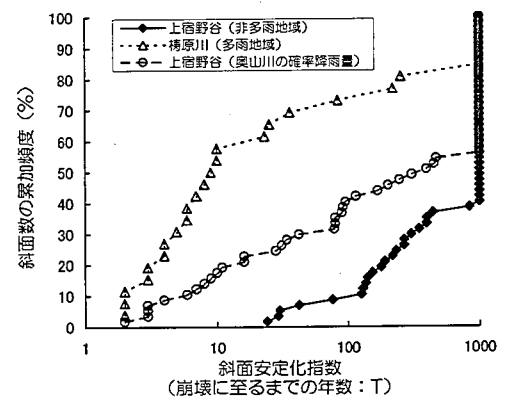


図-4 斜面安定化指数の累加頻度

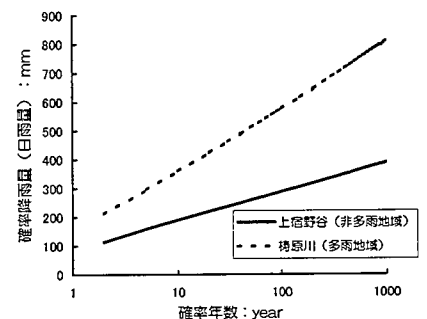


図-5 上宿野谷(非多雨地域)と奥山川(多雨地域)の確率降雨量の比較

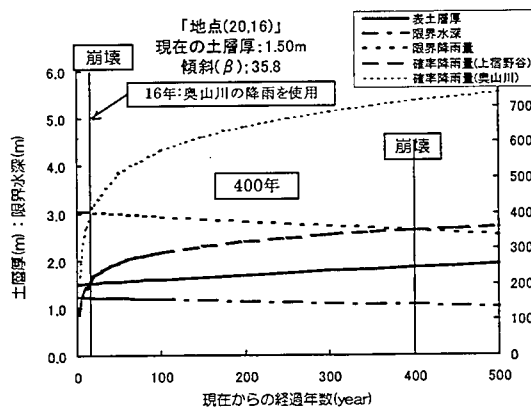


図-6 上宿野谷流域と奥山川流域の崩壊発生危険度評価

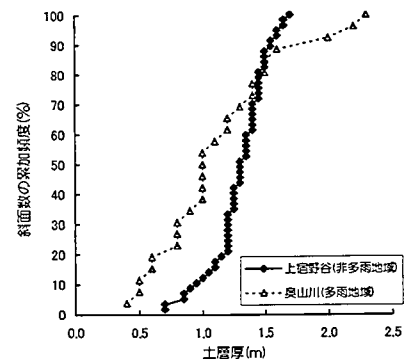


図-7 土層厚の頻度分布