

39 裸地斜面の侵食

京都大学防災研究所 沢田豊明

1. はじめに

流域の自然環境を議論する際に、古くから対象とされてきている大きな課題は地表の土砂の移動である。地表の侵食と侵食された土砂の移動と堆積である。規模の大きなものは砂漠化であり、農地の土壌流出、山腹斜面の崩壊、洪水による土砂の流出と堆積など大小様々な問題がある。このような地表に発生する土砂移動現象は地表の生物にとっても非常に重要である。しかし、土砂の移動の形態や規模、時間スケールによって地表の生物は大きく支配される。山地溪流における土砂流出においても、流域の一部の狭い範囲における土砂生産は流域全体として問題とはならない。一方、範囲を小流域に限定すれば、小さな崩壊や裸地の侵食も大きな問題となる。つまり、土砂移動現象をどのような時間的・空間的スケールで取り扱うかによって問題の捉え方が大きく異なる。ここでは、土砂流出システムにおける一要素である斜面侵食について、裸地斜面の侵食の実態と機構について検討する。

2. 調査・試験方法

裸地斜面の形成および形態は多種多様であるが、ここに対象とするのは自然崩壊による小規模な斜面である。ここで、特に考慮した点は斜面勾配と斜面構成物質の特性である。斜面勾配は安息角より緩いものと急なものに分け、更に安息角より急なものについてはガリ壁面のような垂直に近いものを区別している。

2.1 斜面勾配が安息角より緩い場合

斜面の侵食量は斜面に打ち込まれたクイ（鉄棒）の露出長の変化量から求められている。対象斜面は火山噴出物の未固結堆積物で構成されている。クイは稜線から1 mの地点に設置され、各地点の表面流の影響が等しくなるように配慮されている。クイの露出長は春（6月）と秋（10月）に測定されている。

2.2 斜面勾配が安息角より急な場合

斜面の下部に土砂採集箱を設置し、1週間毎に斜面から採集箱に入った土砂を採集し、土砂量や粒度分布を測定する。対象斜面は勾配、地質および表層の圧縮強度などを考慮して決定されている。採集箱は幅1 mで、大きな礫が落下したり、多量の土砂が生産される斜面にはこの方法は適さない。

2.3 斜面勾配が垂直に近い場合

崖やガリ壁面など垂直に近い斜面では侵食量の測定はクイや採集箱を用いる方法では困難である。近年、反射鏡を必要としない光波測距儀が開発され、侵食量が直接測定可能となった。調査の対象とした斜面は火砕流・土石流堆積物を侵食して形成されたガリ壁面で、その高さは最大で約30 mである。

3 斜面勾配が安息角より緩い場合

火山噴出物が堆積する安息角より緩い斜面では凍上・融解による土砂の移動と雨滴による土砂の移動が発生している。斜面の侵食量は図1に示すとおり $\sin^3 \theta$ に比例している。縦軸は年間侵食量、横軸は斜面勾配 θ を $\sin \theta$ で表わしている。

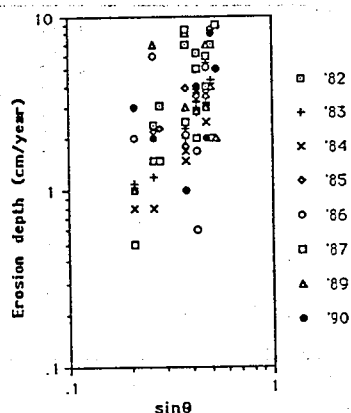


図1 斜面勾配 θ と侵食量の関係

4 斜面勾配が安息角より急な場合

道路工事などによって発生したこのような裸地斜面の侵食の実態については、長期の測定が非常に少なく、また、人工的に植生が施されたりして経年的な変動を調査することは難しい。ここでは、1985年から約10の所地点において、1週間毎に侵食量を測定している。

図2は1985年から1992年までの年平均侵食量の変化を示したものである。侵食量は1988年を境に減少していることが特徴で、2・3の斜面では斜面に草が生えてきて、次第に斜面が安定してきていることが分かる。このような斜面でも安定するのに10年近くの年月を要する。つぎに、代表的な地点について侵食量の季節変動を見てみよう。図3はT1地点の1987年から1992年までの侵食量と降雨量の時系列変動を示したものである。侵食量は春先に多く現われている。侵食量は1990年から急激に減少している。降雨量は1989年を最大として減少の傾向が認められる。そこで、降雨量と侵食量について見ると、図4は降雨量と侵食量の関係を示したもので、凍上・融解期と降雨期に分けると、降雨期の侵食が降雨量に比例していることが分かる。

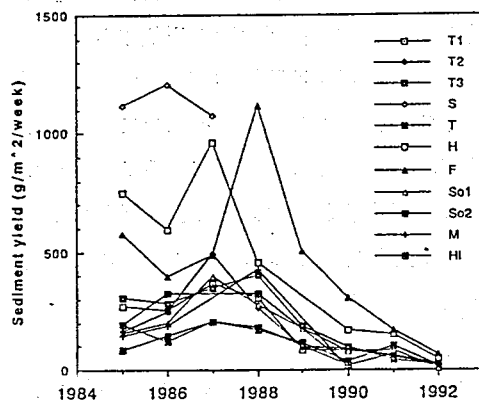


図2 各試験斜面における侵食量の経年変化

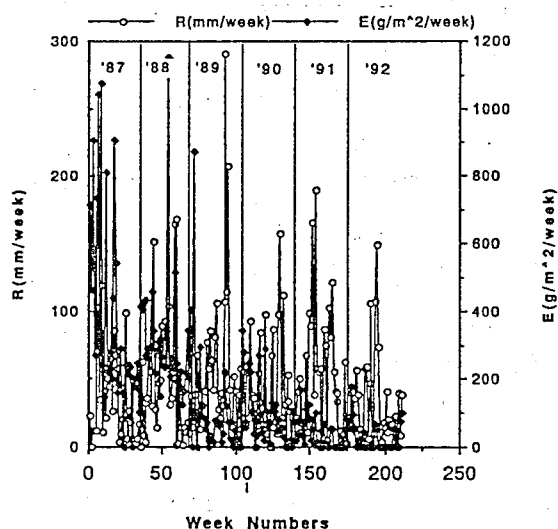


図3 侵食量と降雨量の経年変化

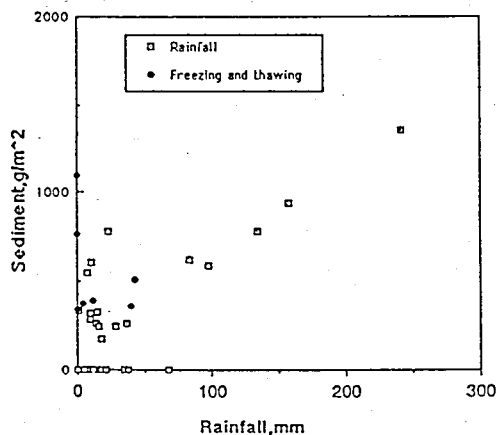


図4 降雨量と侵食量の関係

ついで、場の条件と侵食について検討する。ここでは場の条件として斜面表面の圧縮強度と斜面勾配を採用した。図5は圧縮強度と侵食量の関係を示したもので、1つの試験地を除いては、侵食量の上限値が圧縮強度に比例していることが分かる。図6は斜面勾配と侵食量の関係を示したもので、侵食量の上限値が2つの集団に分かれて斜面勾配に比例している。

5 斜面が垂直に近い場合

斜面の侵食量とガリ壁面の高さの関係は図7に示すとおりである。各年によってその関係にばらつきはあるが、ガリ壁面の高さに比例して侵食量が大きくなっている。この斜面における侵食は凍上・融解による土砂礫の斜面からの離脱、斜面表面の乾燥による微細粒子の風による侵食などが卓越し、壁面が垂直であることから降雨の影響は小さい。図8は壁面の高さが3 m程度の斜面における採砂箱による試験結果で、侵食土砂量と大気湿度の関係が示してある。大気湿度は1週間の最低値を示し、侵食量は1週間の総量を示している。この図からも明らかなように春先に降雨量が少なく凍上・融解が発生する時期は大気湿度が小さいほど侵食量が多くなっている。また、降雨期では湿度に比例して侵食量が多くなる傾向が認められる。このことから、壁面の乾燥が風による壁面からの微細粒子の侵食に関与していることが分かる。

一方、侵食量がガリ壁面の高さに比例して大きくなる理由として、壁面から露出して崩落する礫が落下の途中で壁面に衝突し、その際に壁面を侵食する。壁面が高いと衝突の機会が増えることに加えて衝突の衝撃が大きくなることが考えられる。図9は壁面から礫がどれだけ露出すると壁面が破壊して礫が崩落するか、現地の斜面における試験結果を示したものである。この図から礫の約75%が露出すると、壁面が礫を支えきれなくなって壁面の破壊が生じる。この関係はこの壁面の強度を

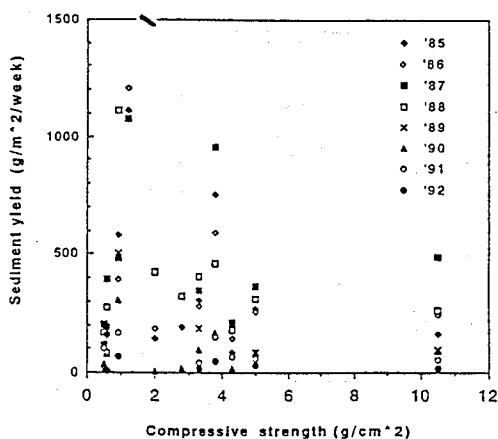


図5 圧縮強度と侵食量の関係

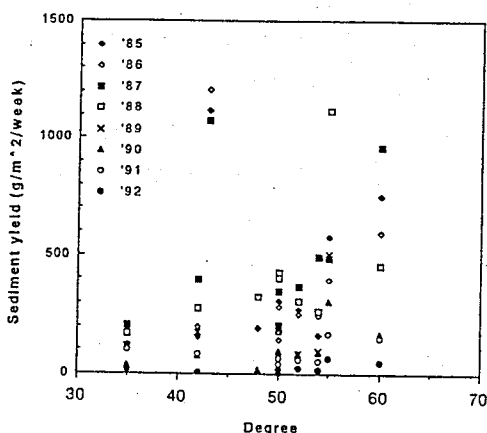


図6 斜面勾配と侵食量の関係

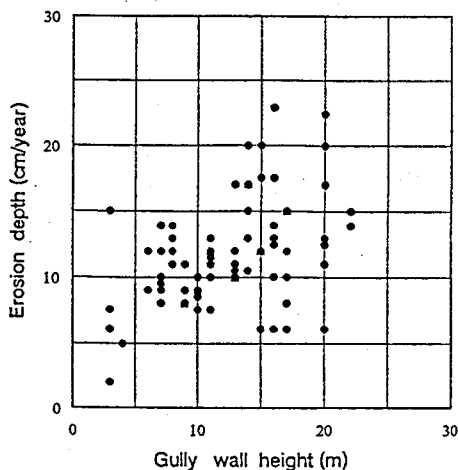


図7 ガリ壁面の高さで侵食量の関係

示すものである。図10は落下礫の重さと侵食量の関係を、高さが3mと4mについて示している。この試験は現地において、壁面から礫を自然落下させ、斜面の下に敷いたシートに侵食された土砂を集めて侵食量を測定した。落下礫による侵食は、壁面の状態と衝突の形態によって大きく異なる。したがって、その値は大きくばらついているが、全体的な傾向として重量が大きく、落下高さが高いほど侵食量が大きくなる傾向が認められる。

以上のように、ガリ壁面の侵食量が壁面の高さに比例する現象は、ガリ壁面を構成する材料が広い粒径分布を有することに支配されており、均一粒径においてこのような現象は発生しない。微細粒子は凍上・融解および風によって侵食され、礫を壁面から露出させることに重要な役割を演じている。一方、礫は壁面から露出することによって壁面を破壊し、崩落の途中で壁面に衝突して壁面の侵食に大きな役割を果たしている。

6. 結語

以上、本文では裸地斜面の侵食の実態とその機構について検討を行ってきた。その成果をまとめて結語とする。

a. 斜面侵食の外力として、降雨、凍上・融解および風が大きな役割を演じている。降雨については降雨量と侵食量の関係が明かとなった。

b. 場の条件として、斜面勾配や圧縮強度を定量的に評価することが可能となった。

c. 今後の課題として、流域における裸地斜面の分布や場の特性の評価および降雨特性の評価、凍上・融解および風の特性と侵食機構の解明が残されている。

参考文献

- 1) 沢田豊明・芦田和男：裸地斜面における土砂生産, 水工学論文集, 第34巻、1990年2月、pp. 355-360.
- 2) 沢田豊明：土砂生産の実態と機構, 土砂移動現象に関するシンポジウム論文集, 1992年5月、pp. 9-21.

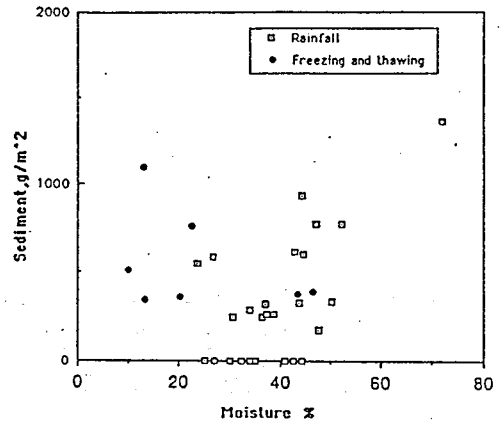


図8 大気湿度と土砂生産量の関係

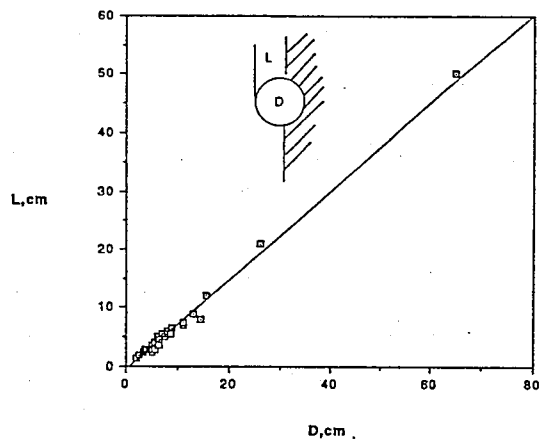


図9 礫が落下する際の露出長と直径

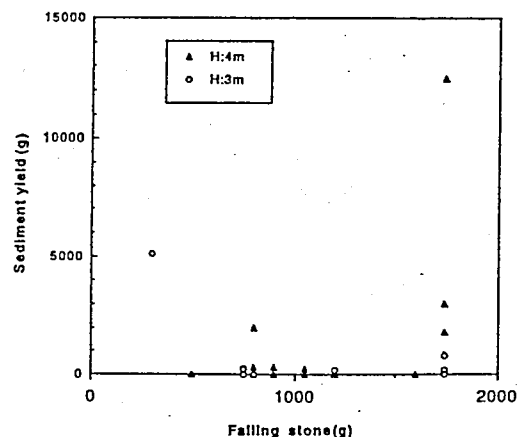


図10 落下礫の重量と侵食量の関係