

降雨条件下における地表面の水路形成間隔

Experimental study of gully formation

北海道大学大学院環境フィールド工学専攻	○学生員	長原 隼也 (Junya Nagahara)
北海道大学大学院工学部教授	正員	泉 典洋 (Izumi Norihiro)
京都大学防災研究所教授	正員	藤田 正治 (Masaharu Fujita)
京都大学防災研究所准教授	正員	竹林 洋史 (Hiroshi Takebayashi)

1. はじめに

雨が降ると地表面の水が流れる。流れる水によって侵食され標高が低下した場所では、流れが集中し、さらに侵食が進む。また流れによって変化した地表面の形状が境界条件として流れを決定する。つまり、地表面の形状は流れと地表面の相互作用によって自律形成される。このようにして複雑な水路網が形成される(図-1)。また、この水路網の発達初期において等間隔に並んだ水路群が形成されることがある。この発達初期水路をガリという。

このガリは流れの集中を促し、侵食量を飛躍的に増大させる。これにより、肥沃な土壌が流出し農業生産性を低下させ、土砂流出による河床上昇や泥流などの土砂災害を発生させることがある。また地表面そのものの保全も重要な問題である。よって、ガリ形成に関する研究は工学的に重要である。

ガリ形成のプロセスを解明するため、実験水槽を用いてガリ群を形成させる実験を行った。

2. 目的

実験によって初期水路群の形成間隔を決定するパラメータを明らかにする。Atinkut¹⁾は上流からの給水により緩勾配の場合、水路の形成間隔に、限界水深が大きく関係していることを示し、泉の理論^{2),3)}が正しいことを裏付けた。しかし実現現象では、急勾配で降雨により下流方向に流量が増加していくことが考えられる。芦田⁴⁾や澤井⁵⁾は人工降雨装置を用いた実験を行ったが、実験数が少なく、何が水路の形成間隔を決定しているかは明らかではなかった。そこで著者は、人工降雨装置を用いた様々な条件で実験を行った。

3. 実験方法

図-2は実験装置の写真である。この実験装置は、斜面勾配変化させることが可能である。天井にはノズルが、地下には貯水タンクが設置してあり、ポンプで人口降雨を発生させることが出来る。

装置の中に平らに土砂を敷き、その上から人口降雨装置で雨を降らせ土砂が侵食されて水路網が形成されていく様子を観察した。実験の記録はノズルより上にデジタルカメラを固定し、インターバル撮影をした。



図-1 宗谷岬の宗谷丘陵

図-2 実験装置
京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリー

土砂は、珪砂8号とカオリナイトを9:1の割合で配合した。土砂の層のスケールは、幅80cm・長さ300cm・厚さ5cmである。侵食され流され、下流のタンクに堆積した土砂は、回収し再利用した。

全てのケースにおいて約30分程度で実験を止めた。降雨量を直接測るために、実験終了後、容器に一定時間に貯まる水量を計測した。

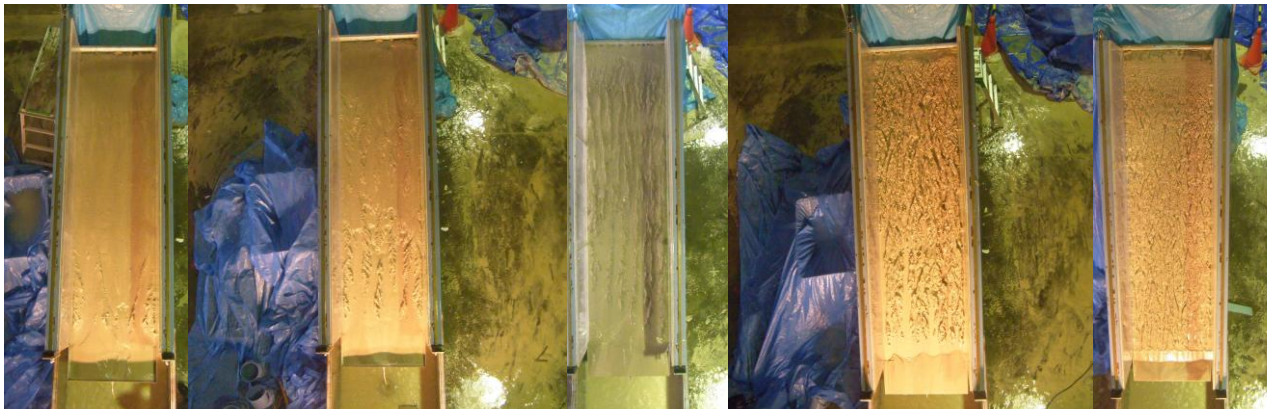


図-3 実験結果（勾配の違いによる）

勾配は、左から 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° となっている。降雨量は、全て 40mm/h 。勾配が急になっていくに従って水路が細かくなっているのがわかる。

4. 実験結果

図-3は、実験の結果の写真である。勾配は、左から 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° となっている。降雨量は、全て 40mm/h である。傾斜が大きくなるにつれ、水路が細かくなって形成間隔が狭まっているのがわかる。

図-4は、x 軸に計算によって求めた等流水深、y 軸に水路の形成間隔を表したグラフである。データは、上流から下流にかけてそれぞれのケースで上流から各地点での水路形成間隔をプロットしている。形成間隔は、幅 80cm を水路形成数で除して求めた。

5. 考察

グラフを見て分かるように、水路の形成間隔は等流水深が大きくなるにつれて広がる。

Atinkut らの実験では、全てのケースで下流方向に向かい水路数が増加していたが、本実験では芦田や澤井と同様に、急勾配のケースで下流方向に水路数が減少するという逆の実験結果が観察できた。Atinkut らの実験では侵食を促すため下流端に約 30° の急勾配部を設けていた。本実験でも 5° と 10° の場合のみ下流の方が、水路数が多く、上流には水路が形成されなかった。従って、ある程度の勾配を持っていないと下流端の影響が大きく、下流端から侵食されていく。

時間的变化は、どのケースでも最初 Sheet flow が発生し、数秒から 1 分程度で水路が形成され $10\sim 15$ 分かけて水路がより明確に形成されていく。実験が 30 分程度経過すると、下流の土砂がすべて流れてしまうのでそこで実験はストップした。

6. 結論

水路形成間隔は、等流水深が大きくなるにつれて水路数が少なくなり、広がる。

勾配が急な場合、水路は斜面全体に形成され、流下方向に水路数が減少していくが、緩やかな斜面では下流端

