

ガリ形成に関する実験的研究

Experimental study of gully formation

北海道大学工学部環境社会学科 ○学生員 長野隼也 (Junya Nagahara)

北海道大学大学院工学研究科博士課程 学生員 Atinkut Mezgebu WUBNEH

北海道大学大学院工学研究科教授 正員 泉典洋 (Izumi Norihiro)

1. はじめに

雨が降ると地表面を水が流れる。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。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

実験を通して、ガリ形成のプロセスを明らかにする。実際の水路群は分岐を繰り返し複雑な幾何形状を持つことが知られている。これに伴い、分岐のメカニズムを明らかにする。

3. 実験装置

図2は実験装置を模式的にした側面図である。この実験装置は、様々な組み合わせの斜面勾配と流量で実験を行えるように、斜面勾配と流量を調節できるようになっている。破線は水の循環を表している。

左下のタンク(D)からポンプを用いて、右上のタンク(C)に水を上げる。右上のタンク(C)の内部には堰が設けられており、水頭を一定に保つことが可能である。溢れた水は管を通り、左下のタンク(D)に戻る。水頭が一定に保たれている右上のタンク(C)にある水は、バルブで調節されて右下のタンク(B)に貯まる。その水はゆっくり土砂の層に接近し、均一に流れる。流れは再び左下のタンク(D)に貯まる。

図3の中心のAが流れによって侵食される土砂の層である。使用した土粒子の配合は、配合aは有効粒径 $70\mu\text{m}$ の細かい砂70.6%と有効粒径 $10\mu\text{m}$ のシルト17.6%と、カオリナイト11.8%である。配合bは有効粒径 $70\mu\text{m}$ の砂58.6%と有効粒径 $600\mu\text{m}$ の砂16.5%と有効粒

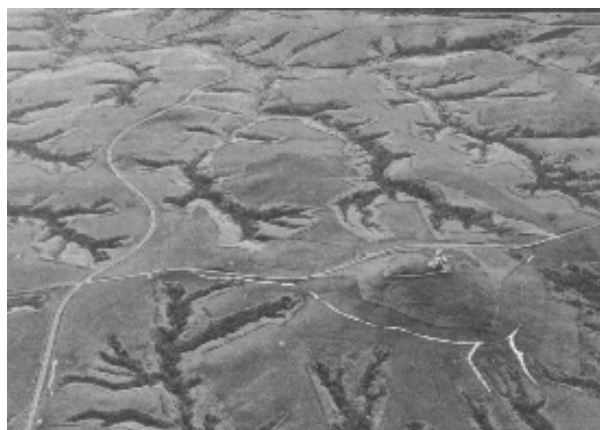


図1 宗谷岬の宗谷丘陵

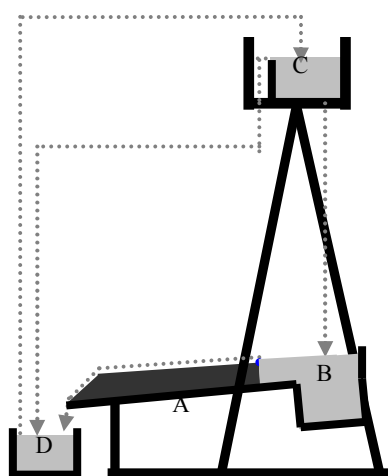


図2 実験装置の側面図.

A: 土砂の層 B: 上流タンク
C: ヘッドタンク D: 下流タンク
破線: 流れ

径 $10\mu\text{m}$ のシルト22.9%, カオリナイト2%である。よって配合bのほうが粗い配合ということになる。これらの配合は比較的簡単に侵食し、尚且つ、ある程度の粘性を有するように決定した。また、土砂の層のスケールは、幅 150cm ・長さ 120cm ・厚さ 5cm である。

下流端に設置した段差の傾斜は勾配1:1.5である。

4. 実験方法

上流から均一に水を流して下流端からの侵食を観察した。実験開始直後には五分から十分おきに流量を測定した。二・三度測定したあとは、約一時間おきに流量が一定であることを確かめるため流量を測った。

測定方法は流れてきた水を容器に入れ、その容器が一杯になるのにかかる時間を測定する。容量を時間で割ることによって流量を算出した。

実験の様子は、右上のタンク (C) の付近にデジタルカメラを設置し、ほとんどの実験では 5 秒～3 分毎に写真を撮影した。ビデオカメラを用いてリルの形成からガリがある程度成長するまでを撮影した。



(a)



(b)

図3 粘着力による分岐の違い

(a) 配合 A (粘着力大きい)、(b) 配合 B (粘着力小さい)

5. 粘性によるガリの分岐

図3は二種類の粘着力によるガリの写真である。写真を見たとおり、配合 A のほうが配合 B より水路の分岐が多い。つまり、土砂の粘着性の大きいほうが分岐しやすい。

6. 下流端に発生した細かい水路

図4 (a) は開始後五分程度で下流端に発生した水路の写真である。ここではこの水路のことをリルと呼ぶことにする。

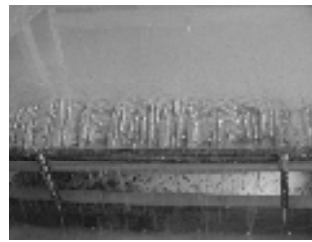
リルはガリと同様に一定の間隔で発生していることが観察された (図4 (a))。リルは実験開始直後に形成されるが、その後ゆっくりと幅を広げ、斜面崩壊を起こしながらガリへと発達する (図4 (b))。その後、ガリは数時間かけて約 120cm に発達した。(図4 (c))

ガリに発達しなかったリルはそのまま残り、ガリに流れが集中するため、そこには水が流れなくなる。またガリの頭部にも斜面崩壊により下流端と同様の傾斜が形成される。ガリが発達すると流れが集中し、単純な斜面方向ではなくガリの頭部に垂直に近づくような流れが発生する。それによって、斜め方向にリルが形成される。そして、下流端と同様にしてリルが幅を広げガリへと成長する。ただし、ガリ発達の向きが斜面方向ではなく新たな方向であるため、ガリの形成の向きが変わったり、いくつかの方向に分かれたりする。これが分岐であると考えられる (図3 (a))。

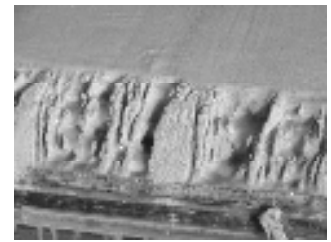
7. 結論

ガリはリルが幅を広げ、斜面崩壊を起こすことにより成長する。また成長していく過程で、ガリの頭部に形成される急勾配部にリルが再び形成され、流れの集中により向きの変わった流れが斜面方向とは異なる方向にガリ発達させたり、いくつもの水路に分けたりする。このようにして分岐が起こる。

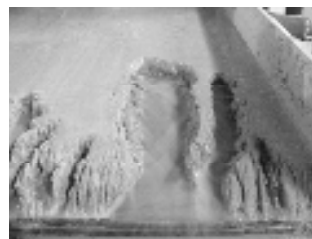
リルと粘性を手がかりとして分岐の条件を探するため、土粒子の粘性を大きくして様々な条件下で実験を行うことが今後の課題である。



(a)



(b)



(c)

図4 下流端に生じる侵食の様子

(a) 実験開始直後に下流端にできるリル
(b) ガリ発達初期の下流端
(c) 発達後のガリ

参考文献

- 1) Izumi N. (1998) 水路群発生線の線形安定論, 土木学会論文集 No.614/II-46, 65-75, 1999.2
- 2) Izumi N. (2005) 河道網の形成, 日本流体力学会誌「ながれ」第24巻 第1号 5-14
- 3) Atinkut M. W. (2010) Experiments on Channel Inception By Surface Runoff, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE. Vol. 54, 2010, February
- 4) 竹井義博(2009) 湧水侵食におけるガリ侵食に関する実験的研究, 2009年度北海道大学卒業論文