

59 リル・ガリーの形状とその現象論的侵食機構

九州大学農学部 竹下敬司

1 まえがき

斜面上に発生するリルやガリーなどの侵食溝の形態を漠然と見ると、溝底が原斜面に平行ないしは、下刻の深さを漸増するような状態で侵食を行っているように感じられる。しかしながら、微細に観察すると、その間に階段構成があり、侵食の進展と共に、それが明瞭となっていることに気付かれる。そして、階梯が進むと、侵食は、専ら、階段直下の洗掘と、洗掘に伴う上部急峻面の崩落とによって行われ、階段の下に連なる緩渓床では、侵食と堆積とが交互して、レベル的には変動の小さい状況が出現している。本報告では、階段が出現する機構を、理論的な概念で解析し、合わせて、リル、ガリー、さらには、渓流の侵食特性について検討する。

2 理論的な仮定事項

- ◇ ある地点での侵食量は、限界流速以上であれば、流体の衝突力、すなわち流速 v の2乗 v^2 に比例するものとする。
- ◇ 図2のような傾斜変換点から流下する水は、変換点からしばらくの間は重力によって加速されるが、流速を増すにつれて、受ける摩擦力が増加し、やがては、摩擦力と重力とが相きっ抗するようになって等速運動に入る。この場合の抵抗は速度の2乗に比例するものとすると、速度は次のように表現される。

$$v = (m g \sin \theta / k)^{0.5} \tanh (k g \sin \theta / m)^{0.5} t$$

$$\text{修端速度} : v' = (m g \sin \theta / k)^{0.5}$$

m : 質量、 g : 重力の加速度、 θ : 傾斜角、 t : 時間、 k : 定数

この関係を、それぞれ勾配と質量とで分級して概念的に示すと、図1(1)、(2)ようである。また侵食力($\propto v^2$)は図1(3)、(4)のように示される。

3 渓床の変化

図2(1)に示すように、上端に傾斜変換線を有する渓床を流水が流下するものとする。傾斜変換点の直下からしばらくの間は加速範囲にあるため、侵食力を増大し、やがてa点(図2)で等速度運動に入ると、侵食力も一定化する。このような侵食力の変化に応じて、a点より上部では渓床の急峻化が発現し、a点よりも下部では、渓床の平行的後退が行われるはずである。これによって、渓床地形は、図2①のように変化する。この段階で、新たな水流が流下すると、a点よりも上では勾配が急なため、加速の度合いは、これまでよりも大きくなり、下端のa点での流速は、それより下の等速度域の流速よりも大きくなる(図1の破線のような変化: H₄の場合を示す)ことが想定される。そのため、侵食力は下端部で特異的に大きくなり、渓床は図2②のように滝壺状に変化するはずである。

さらに段階が進むと、滝壺の下流部には緩渓床が形成されるため、流速は低下して、図1の鎖線のように変化する(H_4 の場合を示す)ことになり、これに伴って、a点よりも下部では侵食力も低下し、図2(3)のように、堆積面(時に応じて侵食・堆積を交互する面)が形成される可能性が出てくる。

このような変化によって、渓床内には新たな傾斜変換点(b点)が形成されることになるが、b点の直下にも、上記と同様に加速域が形成され、やがては段階が形成されることになる。以下、このような現象の繰り返しで、ついには、渓床全体が図4のような段階構成を示すことになる。

4 渓床構成基盤の硬軟と段階の構成

渓床に相対的に堅い土層、風化層、転石、基岩等が介在すると、その堅い基盤層ないしは基盤塊が一時的な侵食基準点となって、それよりも上流部には相対的な緩斜面が形成され、図2(2)(3)のような傾斜変換点が出現する。そして、この傾斜変換点の下部には加速域が形成されて、上記と同様な段階構成が出現する。渓床は上記のように、本来、段階を形成しやすい傾向下にあるため、段階の後退が進んで、硬基盤の存在が無くなても、段階は発達し続けるはずである。リルやガリーが全面的に段階構成を示すことの説明は、このような基盤の物性の相違が、混在していることによって説明

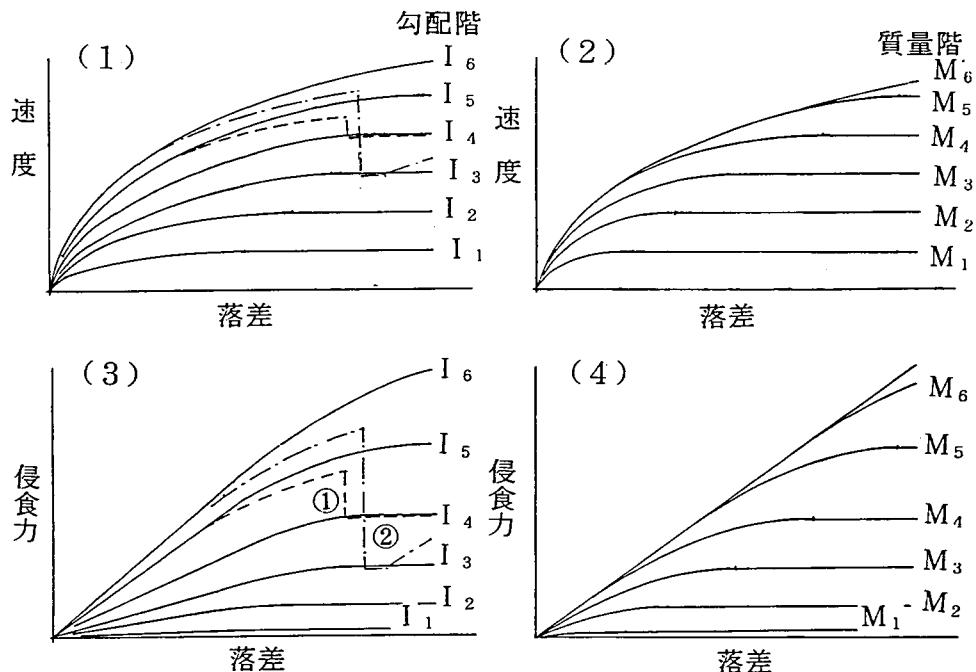


図1 落差と流体速度、侵食力との関係概念図 (1) 勾配階別の速度、(2) 質量階別の速度、(3) 勾配階別の速度、(4) 質量階別の速度。

されることが多い。それぞれの階段の規模は、リルでは2~3 cmから数10 cm、ガリーや渓流では数10 cmから20~30 mと様々であるが、これも物性の相違と、その各々の物性の広がりとによって説明されるようである。また、大規模な落差をもつガリー階段は、当初は幾つかの小規模なガリー階段であったものが、下流の階段の後退が、上流部のそれよりも早かったために追いつき、一つの大階段に成長したものが多いと解釈される。

5 地中水の湧出破壊に伴う崖面状の階段構成

地中には図3に示すように、自由水が移動可能な大孔隙網が分布している。常時的にはこれらの水脈の出口は、風化物の移動によって、細くなったり、ふさがれている確率が高いので、強雨時にはこれらが飽和されて水圧を生じる。地中水は水圧によって排水口になる部分を破壊し、その破壊に伴って、上部の土層や基盤層が崩落する。この崩落によって滝状の急峻渓床が形成され、水脈に沿う破壊の繰り返しによって階段が後退し、また、この後退の軌跡として、緩い渓床（ガリーベ）が形成される。これらの地中水脈は、地中で数段に別れて分布してと考えられるので、これらの湧水破壊による谷やガリーの形成も階段を構成することになる。一般の開析山地の谷の形成は、大きくは谷頭斜面の

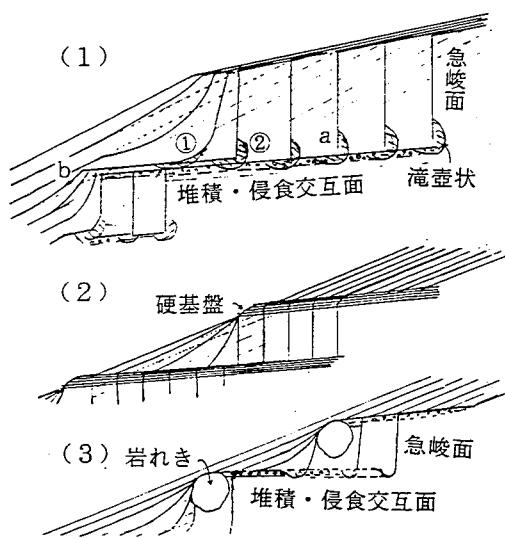


図2 渓床の時系列的変化：加速域が急峻化し

階段構成が出現する。（1）任意の加速域での急峻化、（2）堅い基盤がある場合、（3）岩塊の存在による階段構成の出現。

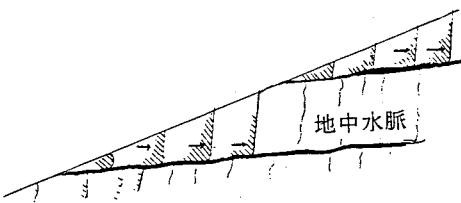


図3 地中水脈に沿う階段構成の出現

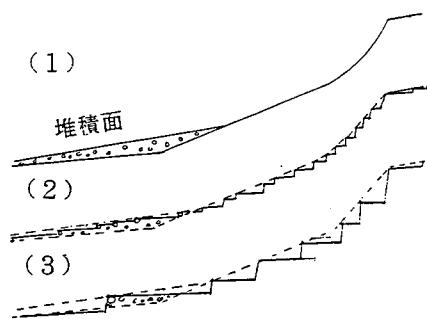


図4 比重の大きな土石流によるガリー、渓床の（1）大まかな構成と、（2）流水侵食による細部的な階段構成、（3）泥流、土石流多発地区での大きな階段構成

後退で行われているが、斜面の後退が地中水の湧出に伴う破壊によって行われているので、この機構の大規模な現れと判断される。

6 土石流による侵食形と階段構成

土石流は、水流よりも質量が大きいため、等速度運動に移行するまでの、図1(2)、(4)のように加速区間が長く、したがって、図4(1)に示すように、上流部には、水流の場合よりもスパンの長い急峻化面が形成され、その下に平行的な後退面が形成されるはずである。また土石流の堆積勾配は水流による堆積勾配よりもはるかに大きいため、下流部分には規模の大きな堆積面が形成されるのが普通である。上記の水流の場合と同様に考えると、土石流によても、規模の大きな階段構成が出来るはずであるが、普通の山地の土石流は、一過性で、発生頻度が少ないので特徴であるため、大規模な滝状のものを除くと、土石流自体による階段構成は目立たず、小規模の階段構成は、図4(2)に示すように、この土石流によって原型づけられた渓床の上に乗って、これを細部的に修形する状態で分布していることが多いようである。しかしながら、桜島火山のように、泥流や土石流の発生頻度が高い地域では、図4(3)に示すように、土石流侵食自体による侵食特性が顕在化し、大規模な階段構成が出現している。

6 階段構成と侵食量

従来、リルやガリーの侵食は、一連の流れに着目し、それに対する条件因子として（平均）勾配を重視した論議が多かったように思われる。勾配が高ければ、流体の衝突力が大きく、侵食量も大きいとみてよいからであろう。しかしながら、このような傾斜したガリー床や渓床は決して平滑ではなく、大きな緩急変化を見せていることが見いだされる。本報告で述べた階段構成がこれであるが、傾斜地では、侵食過程が進むにつれて不連続な構成が明瞭となることが観察される。この階段構成が明瞭となることは、平均傾斜面が、それよりも緩な部分と急峻な部分とに分化することを意味している。この結果、侵食活動も渓床全面で行われるわけではなく、主として急峻面の周辺で行われ、この下位に連なる緩斜面は、時に応じて、堆積と侵食が交互し、絶対的なレベルの変動は小さい面となるものと解釈される。侵食現象を連続した流れの挙動と見るだけではなくフラクタルな現象としてとらえることが重要と考えられる。