

## 粒度構成の異なる混合粒径材料からなる流砂の分級現象

京都大学大学院農学研究科 ○古谷智彦 和田孝志 中谷加奈 水山高久  
立命館大学理工学部 里深好文

### 【諸言】

日本で多く見られる土石流の内部には、数 m から数 mm のサイズまで、大小さまざまな粒径の土砂が存在している。このような土石流は流下するにしたがい、土石流の先頭部では粒径の大きい土砂の割合が高くなり、後続部では粒径の小さい土砂の割合が高くなるという傾向がある(土石流の分級現象)。土石流の分級現象によって先頭部に大粒径の土砂が集中させることで、土石流が下流に到達すると、下流部に存在する構造物を破壊し、ときには人命を奪うような災害を引き起こす。従って、これらの土石流被害を効果的に軽減させるためには、この分級現象のメカニズムを明らかにするとともに、さまざまな条件下において種々のサイズの土砂、特に巨礫がどのように輸送されるのかを予測する必要がある。

分級現象の要因として、土石流の規模、溪流の水力条件、土砂の材料特性などが考えられるが、これらの要因と分級現象との関係については、いまだ十分な結論は得られていない。そこで、本研究では、水力条件として水路床と水路勾配、土砂の材料特性として土砂の粒度構成に着目して水力実験を行うことにより、これらの要因と分級現象との関係を把握することを目的とする。

### 【実験方法】

図 1 のように、①~③までの 3 種類の水路を用意した。①の水路の底面には棧を貼り付け、②・③の水路の底面には上端から 175cm までの区間に棧を、それより下流の区間には土砂を貼り付けて粗度とした。なお、②と③に貼り付ける土砂は、粗いものと細かいものの 2 種類を用意した。使用する実験砂は、6 つの粒径階(2.83~12.07mm)の土砂のうち、6 粒径階全て、最小粒径を除く 5 粒径階、そして最大粒径を除く 5 粒径階の土砂を均等に混ぜ合わせた 3 種類(それぞれ空隙込み 7000cm<sup>3</sup>)とした。水路勾配は、3° から 18° まで、3° きざみで 6 段階の勾配を設定した。それぞれの水路の棧粗度を貼り付けた部分に長さ 175cm(①は下流端から 175cm までの区間)にわたって実験砂を均等に積み、単位幅流量 100cm<sup>2</sup>/s で水を上流端から供給した後、流下してきた土砂と水を下流端の土砂受けで捕捉した。土砂受けは 4 つに区分されており、時間経過とともにこれをスライドさせながら土砂を捕捉することにより、時系列順に土砂を捕捉した。捕捉した水と土砂をふるい分けて、総流量、総流砂量、総土砂濃度、粒径階別の土砂の存在割合および平均粒径を算出した。

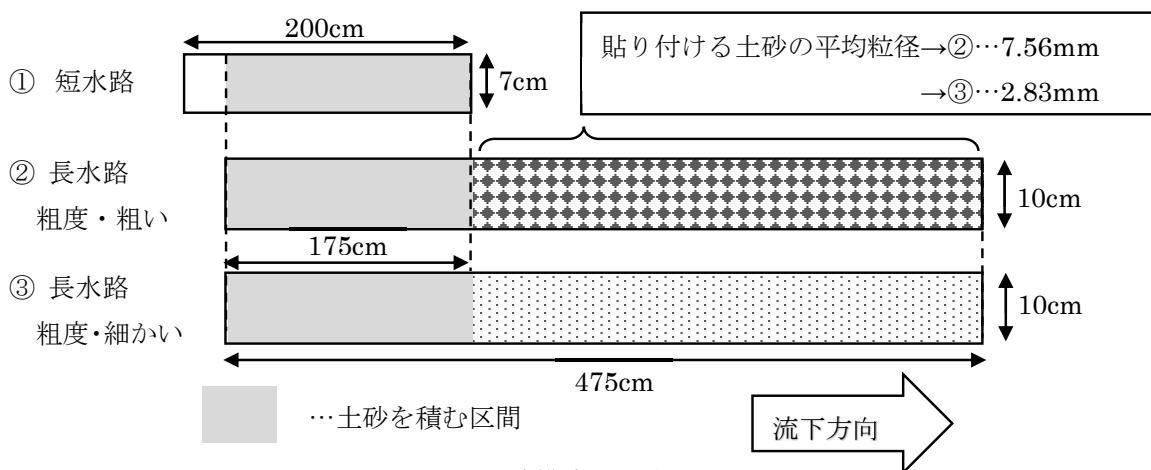


図 1 水路模式図と諸元

### 【結果】

概ね全てのケースにおいて、最初の土砂受けで捕捉した土砂の平均粒径が移動前より大きくなっていったことから、先端部分の粗粒化、すなわち分級現象が発生していることが確認できた。分級の程度の違いを実験ケースごとに比較するため、最初の土砂受けで捕捉された部分を先頭部と定義し、先頭部に含まれる各粒径階の土砂の割合に注目した。図 2~図 5 は、先頭部の土砂の粒度構成を表し、横軸は各粒径階の土砂の粒径( $d_i$ )と移動前の平均粒径( $dbm$ )との比( $d_i/dbm$ )、縦軸は各粒径階の土砂の先頭部における存在割合( $P_{fi}$ )と移動前の存在割合( $P_{bi}$ )との比( $P_{fi}/P_{bi}$ )である。

図 2 は、勾配と水路の条件を同じとして使用する実験砂を変化させたときの結果である。図 2 より、今回使用した実験砂では先頭部の粒度構成にあまり大きな違いは見られなかった。

図3は、実験砂と水路の条件を同じとして、勾配のみを変えていったときの結果である。グラフの傾きの大きさが分級の程度の強さを表していると考えれば、6度から12度の範囲で分級が最も顕著に見られ、逆にこれより急勾配、または緩勾配では分級が進みにくくなっていることが分かった。

図4・図5は、勾配と実験砂の条件を同じとして、水路の条件のみを変えて比較したときの結果である。図4から、勾配が9度のときは長水路の方が短水路より分級が進んでいること、長水路同士での差があまりないことが分かる。また、図5からは、勾配が15度のときは、同じ長水路を使用しても、粗度が粗い方が、より分級が進んでいることが読み取れる。図4・図5で違う結果が見られることから、勾配によっては粗度の影響が分級に現れる場合と、そうでない場合があると考えられる。

今後は、実験砂の粒度構成のパターンをさらに増やした場合や、長水路の全区間に土砂を積んで流下させた場合など条件を細かく変化させて同様の実験を行ってきたい。

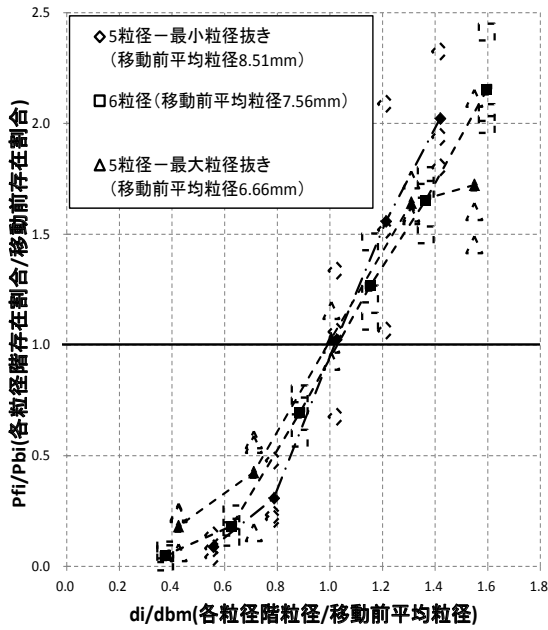


図2；土砂の粒度構成のみを変えた場合  
(勾配；6°・水路；短水路)

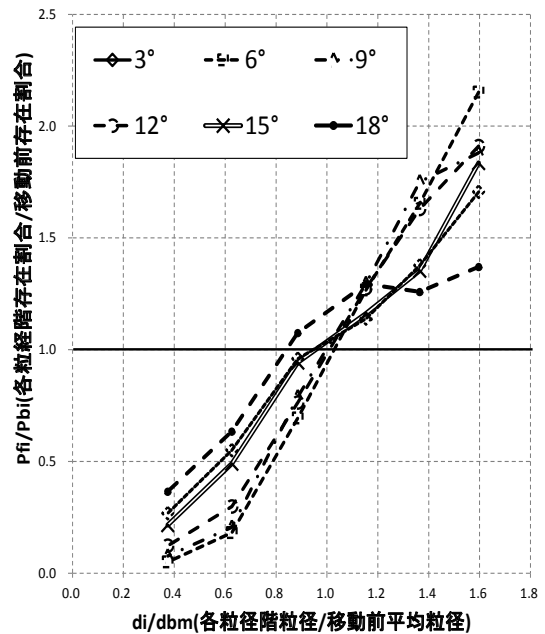


図3；水路勾配のみを変えた場合  
(土砂；6粒徑・水路；短水路)

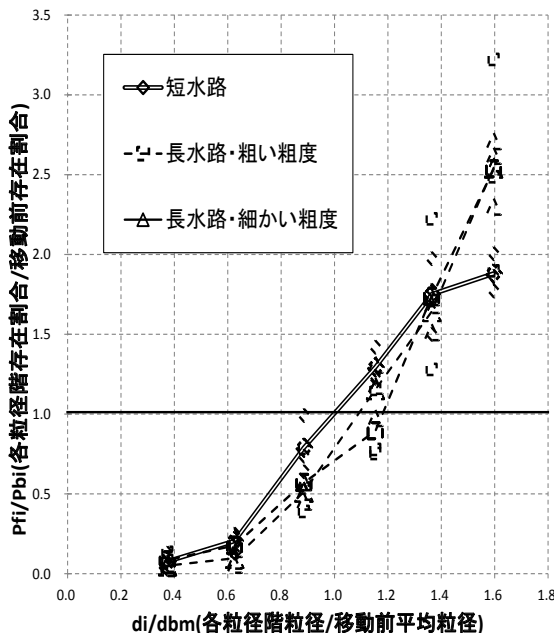


図4；水路床のみを変えた場合(1)  
(勾配；9度・土砂；6粒徑)

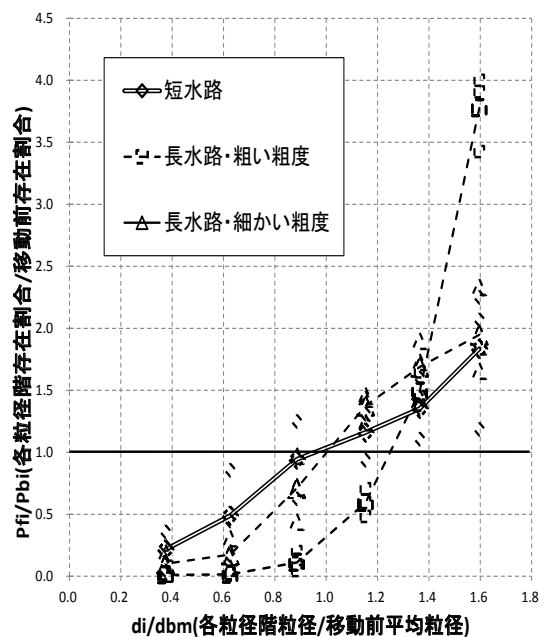


図5；水路床のみを変えた場合(2)  
(勾配；15度・土砂；6粒徑)