

## 枝下高が地表面侵食に与える影響に関する研究

立命館大学理工学研究科 ○村田 匡優, Khwaja Mir Tamim HAQDAD

立命館大学理工学部 藤本 将光, 里深 好文

## 1. 背景及び目的

近年、気候変動に伴う強雨の増加により、森林の土砂流出抑制機能の定量的評価が求められている。森林においては、樹冠が降雨を遮断することで地表面への到達雨量が減少し、これに伴い雨滴の侵食力が緩和されると考えられている<sup>1)</sup>。しかし、樹冠から地表面までの距離の違いによって雨滴の運動エネルギーがどのように変化し、地表面侵食量にどの程度影響を及ぼすかについては、十分な検証が行われていない。そこで本研究では、屋外および屋内における実験を通じて、樹冠からの距離と雨滴の運動エネルギー減衰効果、さらに地表面侵食量との関係性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

## 2.1 屋外実験

立命館大学びわこ・くさつキャンパス内の自然緑地において、枝下高の異なる3条件(約2m, 4m, 6m)の各2地点と林外地点の計7地点に斜面模型を設置した。2024年7月から2025年10月の計18回の降雨イベントを対象に、斜面模型からの土砂流出量を計測した。林外雨量は林外地点の転倒ます型雨量計で計測し、林内雨量は各地点に配置した計4基(雨量計1基と貯留ボトル3基、または貯留ボトル4基)の平均値を採用した。

斜面模型は底面7.5cm×15cm、高さ20cmの形状とした。土試料には、まさ土と珪砂(7号および8号を質量比1:1で混合)を用い、勾配20°、密度1.5g/cm<sup>3</sup>となるよう作製した。また、模型底面には開口率30%の排水穴を設けた。

## 2.2 屋内実験

屋外実験と同一の模型および土砂条件にて各ケースの土砂流出量を測定し、落下距離が地表面侵食に与える影響を検証した。実験では、人工降雨装置を用い、模擬樹冠から模型までの距離を3段階(0.2m, 0.8m, 1.6m)に設定した。

降雨条件は、表1に示す通り、累計雨量や降雨強度が異なる計6条件(16.8~100.0mm/h)を設定した。

表1 屋内実験における降雨条件

	1時間雨量(mm/h)	継続時間(h)	累計雨量(mm)	実験回数
1	16.8	4.0	67.1	1回
2	30.5	2.0	61.0	1回
3	25.0	4.0	100.0	3回
4	50.0	2.0	100.0	3回
5	75.0	1.3	100.0	3回
6	100.0	1.0	100.0	3回

## 3. 実験結果

## 3.1 降雨特性と樹冠遮断

各降雨イベントにおける降雨特性は表2のとおりである。林内雨量と林外雨量の関係を図1に示す。すべての観測地点において、樹冠による遮断の影響で林内雨量は林外雨量を下回る結果となった。このことから、樹冠によって地表面に到達する雨量そのものが減少することが確認された。

表2 各降雨イベントにおける降雨特性

降雨イベント	最大10分間雨量(mm/10min)	最大1時間雨量(mm/h)	累計雨量(mm)
1 2024/7/25~2024/8/27	3.8	9.7	44.2
2 2024/8/28~2024/9/5	2.3	8.4	40.6
3 2024/9/6~2024/9/25	9.0	15.0	35.0
4 2024/9/26~2024/10/9	3.6	9.7	58.2
5 2024/10/13~2024/11/18	5.8	16.5	105.4
6 2024/11/18~2024/11/27	3.3	9.1	33.5
7 2025/6/9~2025/6/11	6.1	16.8	100.6
8 2025/6/13~2025/6/16	3.3	10.7	40.9
9 2025/6/17~2025/6/26	13.5	36.1	89.4
10 2025/7/18~2025/8/9	1.0	3.8	12.7
11 2025/8/9~2025/8/11	3.0	9.1	40.4
12 2025/8/11~2025/8/14	3.0	6.1	9.1
13 2025/8/14~2025/8/26	11.2	17.5	19.8
14 2025/8/26~2025/8/28	11.4	37.1	42.7
15 2025/8/28~2025/9/5	4.8	11.4	44.5
16 2025/9/5~2025/9/13	2.8	8.1	26.9
17 2025/9/13~2025/9/21	5.8	6.9	26.2
18 2025/9/21~2025/10/6	2.0	4.8	36.8

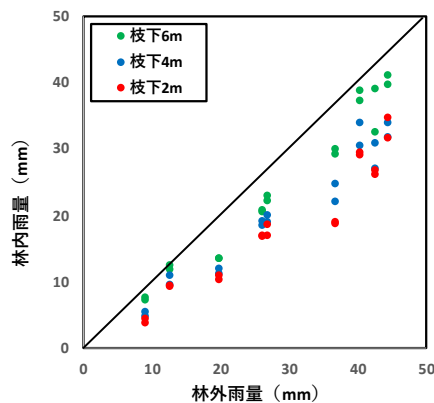


図1 林外雨量と林内雨量の関係

### 3.2 枝下高と土砂流出量の関係

屋外実験における枝下高と土砂流出量の関係を図 2 および図 3 に示す。材料の異なるまさ土・珪砂ともに、枝下高が高くなるにつれて土砂流出量が増加する傾向が見られた。特に注目すべきは枝下高 6m の結果であり、樹冠遮断によって雨量が林外より減少しているにもかかわらず、土砂流出量は林外地点を大きく上回る結果となった。同様の傾向は、外部環境の影響を除いた室内実験の結果(図 4, 5)からも同様の傾向が見られ、樹冠からの距離が長くなることで、侵食を強める大きな要因であると言える。

このような地表面侵食の増大を招いた要因として、樹冠に衝突して一度減勢された雨滴が、再落下により再び加速し、終端速度に近い状態まで回復することで、地表面到達時の運動エネルギーが大きくなったことが考えられる。さらに、樹冠を通過する際、枝葉を伝う過程で雨滴同士が合体し、林外雨よりも大きな雨滴になることも理由の一つと考えられる。大きくなった雨滴は林外雨の雨滴に比べて質量が大きく、前述した雨滴の加速と相まって運動エネルギーを増大させたことが、6m 地点における侵食の進行を引き起こしたと考えられる。

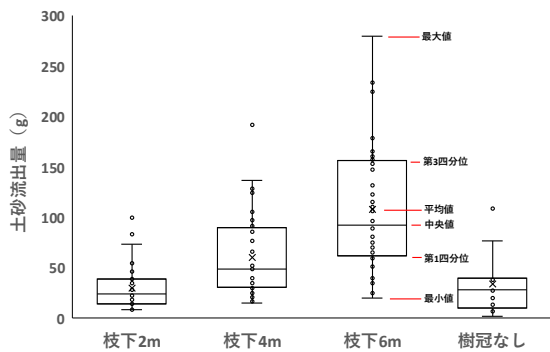


図 2 枝下高と土砂流出量の関係 (屋外・まさ土)

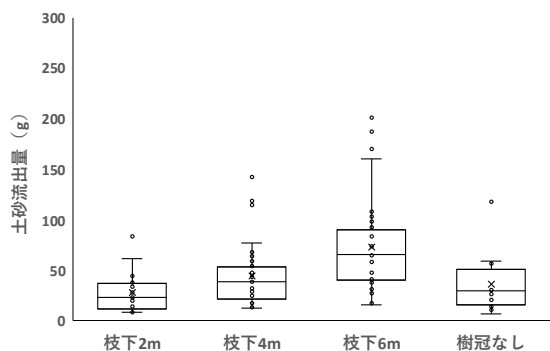


図 3 枝下高と土砂流出量の関係 (屋外・珪砂)

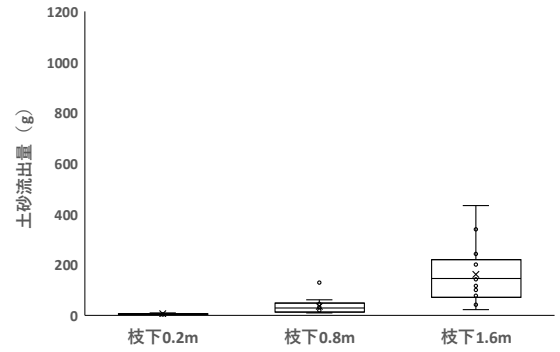


図 4 枝下高と土砂流出量の関係 (屋内・まさ土)

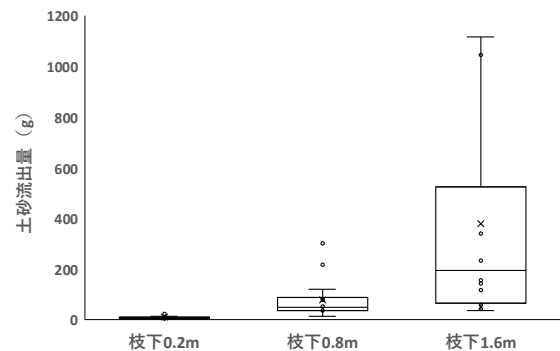


図 5 枝下高と土砂流出量の関係 (屋内・珪砂)

### 4. まとめと課題

本研究では、樹冠高の増大が地表面侵食に及ぼす影響を検討した。その結果、樹冠高が大きくなるにつれて土砂流出量が増加する傾向が確認され、特に枝下高 6m の地点では、樹冠遮断により雨量が減少しているにもかかわらず、林外地点よりも多くの土砂が流出する結果となった。この要因として、一度減勢された雨滴が再落下により再び加速して終端速度へ近づくことや、雨滴同士が合体して一粒の質量が大きくなることにより、地表面到達時の運動エネルギーが著しく増大したことが考えられる。

しかし、これまでの検討は土砂流出の結果からの推察に留まっており、運動エネルギーの変化を直接捉えるまでには至っていない。今後は、ハイスピードカメラなどを用いて雨滴の大きさや落下速度の実測を行う予定である。

### 5. 参考文献

- 1) 林野庁 (2023) : 令和 4 年度 森林・林業白書, 特集: 気候変動に対応した治山対策.

[https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4\\_hakusyo\\_h/summary/s\\_tokusyu.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4_hakusyo_h/summary/s_tokusyu.html)