

除染地域のガリ発達解明のための現地調査

福島大学共生システム理工学類 田村裕亮
福島大学共生システム理工学研究科 伊藤圭祐
福島大学共生システム理工学類 川越清樹

1. はじめに

2011 年の東日本大震災で起こった福島第一原子力発電所事故により、福島県内の広範囲で放射性物質の拡散と土壤汚染が引き起こされた。この対策として、福島県内では、表土改変に伴う除染が実施されている。しかし、この除染により斜面における植生繁茂の変化や裸地斜面の増加が認められるようになった。表土改変により、降雨等の外的な営力が地表面に働きやすい状態に変化されている。裸地斜面では、ガリ（土砂浸食による沢状の地形）の発達が多く認められており、土砂の生産形態も震災前と変化した可能性が示唆される。しかしながら、その実態は不明であるため、定量的な土砂の状況を把握する必要性が防災上、環境管理上で高まっている。除染地域における土砂生産過程の特徴を明らかにするため、水路閉塞や生態系への問題へ発展する可能性を踏まえた調査、観測が必要である。

これらの背景より本研究では、将来の土砂管理を踏まえた土砂の特徴把握、および土砂管理の基盤データを構築するため、土壌強度や土砂粒径、降雨との関係から、除染後の斜面における土砂動態の調査を試みた。調査は、除染が取り組まれている福島県飯舘村の飯樋外内地内を中心に展開された。当該地域は、平成 26 年 8 月に除染が実施され、土地改変して 1 年以上経過したエリアである。そのため、土砂改変の経験則が現れている可能性もあるエリアと解釈できる。

2. 解析方法

本研究を通じて進めた土砂動態の調査は以下の①～③である

- ① 土砂生産の空間的な調査
- ② 斜面の土質的特徴の分析調査
- ③ 流出土砂の性状分析調査

項目①、②を行うことで、対象地域内の空間的な土砂生産領域の把握を行い、項目③を行うことで流出される土砂の特徴を把握することを試みている。以下に、各調査の詳細をまとめる。

2.1 土砂生産の空間的な調査

除染後の斜面における空間的な土砂生産の分布状況を把握するため、3Dプロファイラー(使用機器:Leica Geosystems 社製, HDS レーザースキャナーScanStation

C10)による地形測量を実施した。地形測量よりガリ発達の分布状況を明らかにした。測量頻度は1ヶ月に1度(開始:5月)を基本とした。

2.2 斜面の土質的特徴の分析調査

斜面の表層土壌の特徴を定量的に示すため、土質強度の現地調査(使用機器:応用地質社製、土層強度検査棒 MODEL-4940)を実施した。この使用機器から、 N 値、貫入力 Q_{dk} 、貫入強度 q_{ck} の分析値を求めることのできる計測値を取得した。以下の式(1)から(3)の式¹⁾²⁾に当てはめることで分析値を求めることができる。

$$N = \frac{W}{60} \quad (1)$$

$$Q_{dk} = W + (m_0 + n \cdot m_1) \cdot g \quad (2)$$

$$q_{ck} = \frac{Q_{dk}}{A \cdot 1000} \quad (3)$$

ここで、 W : 荷重計計測値(N), m_0 : 先端コーンと一本目のロッド(450mm)の合計質量(kg), n : 500mm ロッドの本数, g : 重力加速度(m/s^2), A : 先端コーンの底面積(m^2)である。

なお、この分析調査は、地内で 23 ヶ所ランダムに実施し、空間の補間(重み付き距離平均法)を行うことで、分布情報に整備した。土質の分布情報と、3D プロファイラーによる地形測量結果との重ね合わせで、どのような空間でガリ発達するのかを土質強度の見地より解釈できる。

2.3 流出土砂の性状分析調査

流出土砂の性状分析として、調査地内のガリ流末と地形、および土質調査を実施した斜面近くの排水路にて、流出土砂のサンプリング調査を実施した。また、流出土砂の量的な形状変化を観察した。サンプリングされた試料について、粒度分析機器(使用機器:Retsch 社製電磁ふるい振とう機 AS200 CONTROL)を用いることで、粒度特性を求める取り組みを行った。粒度径は 4mm, 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm, 0.063mm で分類した。これらの粒度を明らかにすることでおおよその性状を明らかにすることができる。この情報より、粒径加積曲線と、粒径 D_{10} , 粒径 D_{30} , 粒径 D_{60} を求めた。また、式(4), (5)を用いて、均等係数 U_c , 曲率係数 U_c' を求めた。均等係数 U_c について、 $U_c < 5$ のとき、粒度一様と評価できる。

$$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1), \quad U_c' = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (2)$$

Key word: 貫入強度, 降雨強度, 3D プロファイラー

(TEL:024-548-5279 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1)*

サンプリング頻度は1ヶ月に1度を基本とした。こうした流出土砂のサンプリングより求められた特徴に、降雨変動の時系列的な推移の情報を加えることで、気象変化に伴う土砂の流出特徴を把握できる。

3 解析結果と考察

3.1 土砂生産の空間的な調査

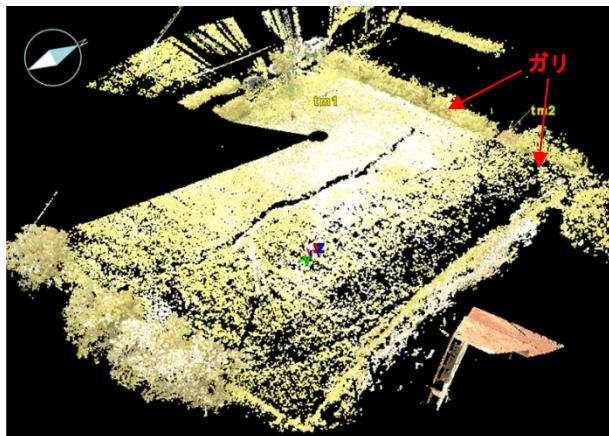


図1 3Dプロファイラー地形測量結果

図1に飯樋外内地内で実施した3Dプロファイラーによる計測結果を示す。地形形状で黒い溝がガリとなる。観測より5月時点では土地被覆上で明瞭にガリが認められていたものの、その後は植生繁茂よりガリ観測できない状態になった。ただし、周辺の土砂の流出状況(3.3の結果)と草を掻き分けた目視によるチェックから、ガリの形状拡大は認められていない。この結果は、植生繁茂することで雨食緩衝効果を起こし、土砂生産を抑制させていると推測させるものである。

3.2 斜面の土質的特徴の分析調査

図2に土質試験総合分析結果を示す。貫入力を参考にすれば、ガリは貫入力の低い100N以下の土質分類されたエリアで発達していることが把握された。つまり、土質の強度に左右され、ガリ発達することが明らかにされた。なお、N値は2以下で示されている。当該の対象の斜面は、もともと地下水が多く分布し至るところで湧水も確認されている。そのため、水食しやすい背景が存在していたと解釈できる。その一方、当地域は圃場であり、除染後以降の土地利用も踏まえると、敢えて柔軟な土に整備されていた可能性もある。こうした場合、土の締め固めを強化させるより、水の管理を重点化すべきと考えられる。

3.3 流出土砂の性状分析調査

サンプリングされた土砂の粒度は、ガリ流末に堆積した土砂の D_{60} は0.3~0.45mmであり、中砂が多く堆積していた。水路に堆積した土砂の D_{60} は0.9~2.0mmであり、粗砂が多く堆積していた。これらの結果より、水路は水筋となるため粒径の大きな土砂が流出しやすいこと、斜面上では摩擦により粒子の細やかなものが流出しやすいことが推測される。したがって、水路は閉塞しやすくなるため、管理上では浚渫等の対応が

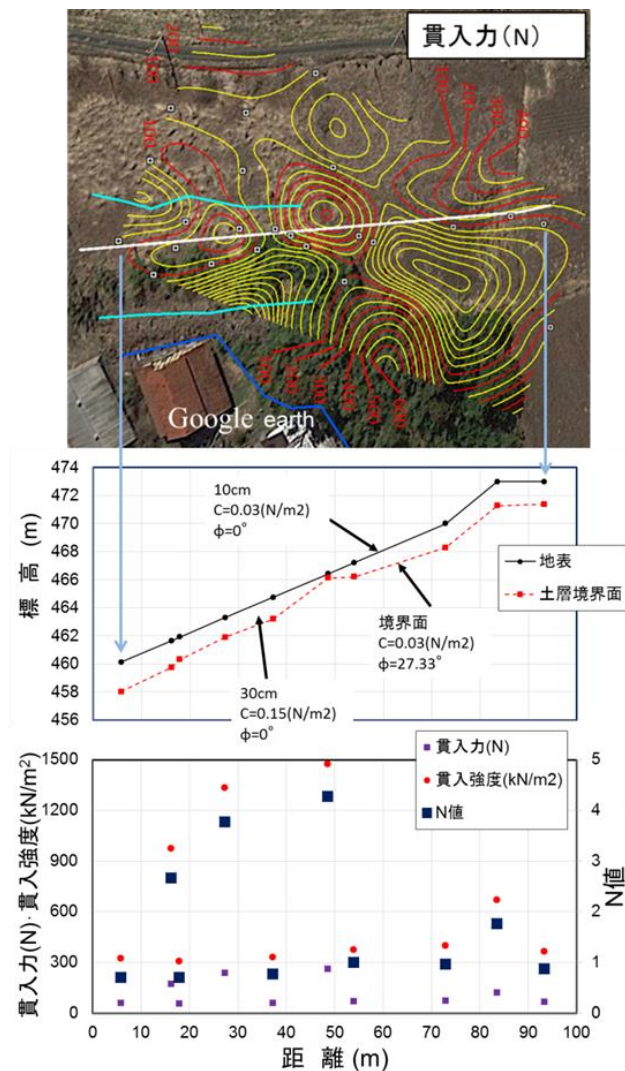


図2 土質試験総合分析結果

必要といえる。なお、均等係数 U_c より、どの地点においても $U_c < 5$ という結果が得られた。したがって、場所に応じて粒度分布一様になることが明らかにされた。これは、場所に応じて土砂の特徴が異なることを示している。

4 まとめ

本研究の取り組みより、植生繁茂すれば相応に土砂の流出は抑制されること、土質強度の弱い領域で土砂生産は活発化しやすいこと、場所に応じて流出すべき土砂の粒径が変化することが明らかにされた。また、締め固めすることがガリなどの発達を抑制させるが、今後の土地利用も考慮した場合、水の管理を行うことで有る程度のガリ発達制限が見込まれる可能性も考えられる。

謝辞：本研究の一部は、平成27年度公益財団法人福島県学術教育振興財団助成によって実施された。

参考文献

- 1) 佐々木 靖人：土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル(案)，土木研究所資料，4176，pp.1-40，2010。
- 2) 佐々木 靖人：土層深と土層強度の簡易測定技術による斜面崩壊危険箇所抽出，土木技術資料，45-1，pp.6-7，(2003)。