

土石流跡地の地盤の富栄養化に関する研究

広島工業大学大学院 学生会員 ○河野 孝之 広島工業大学 非会員 小野 真哉
 広島工業大学 非会員 加藤 恭平 広島工業大学 非会員 百田 圭介
 広島工業大学 フェロー会員 二神 種弘 広島工業大学 非会員 寺内かえで

1. はじめに

土石流や崖崩れによる多数の地盤災害が毎年のように各地で発生している。過去の斜面災害現場の調査により、災害を甚大化する人為がらみの2つ要因が浮かび上がってきた。第1の要因として土砂災害の危険のある山腹や溪流とその周辺への都市化の進展があり、第2の要因として山地斜面生態系の変化が考えられる。山地斜面生態系の変化とは、生活様式の変化や山の手入れの放棄により、山に落葉枝等の有機堆積物が増加し、山地斜面生態系が富栄養化してきたことである。山地斜面生態系が富栄養化すると、微生物の増殖活動の好適条件（栄養源が豊富、湿度・温度が適当）が整い、地盤の風化・団粒化が促進され、微生物の働きが活発化して山地斜面の地盤構造の微生物劣化が促進し、地盤が軟潤化し、地盤の崩壊抵抗力が低下し、大規模な斜面崩壊等の地盤災害が誘発され易くなると考えられる。

本研究は、第2の要因である山地斜面生態系の変化に着目し、山地斜面生態系の富栄養化による地盤の微生物劣化により地盤災害が誘発し易くなるという仮説を検証する目的で以下のことを行った。

- 1) 斜面崩壊現場付近の地盤の富栄養化による地盤の力学的劣化に関する現場調査
- 2) 地盤の富栄養化物質(炭素・窒素)の輸送挙動と地盤の力学的劣化に関するモデル実験

2. 斜面生態系の富栄養化による地盤災害の誘発シナリオ

斜面生態系の富栄養化による地盤災害の誘発シナリオは、図-2 のようになると考えられる（図-1 参照）。

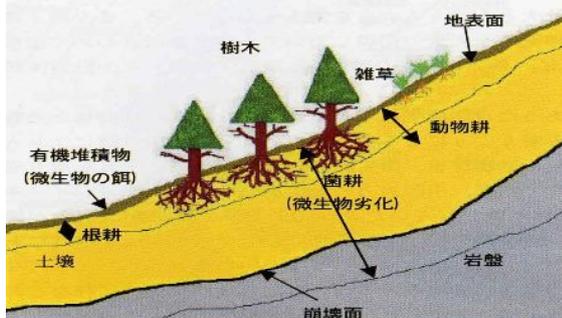


図-1 山地斜面の富栄養化による地盤の微生物劣化

3. 富栄養化による地盤の力学的劣化の現場調査

1) 調査地と調査内容

2005年に発生した広島県廿日市市内の土石流発生現場付近（図-3、4参照）について、富栄養化物質（炭素・窒素）測定、土質試験（含水比試験、簡易貫入試験、粒度試験、土粒子の密度試験、変水位透水試験、団粒分析、pH試験）および走査型電子顕微鏡による微生物の観察を行った。

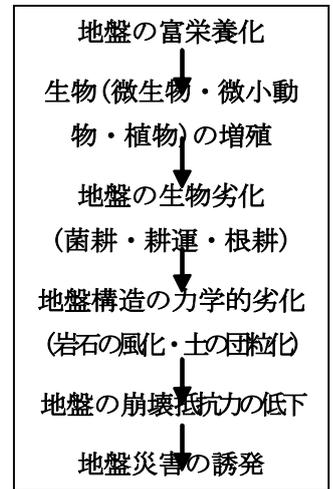


図-2 富栄養化による地盤災害の誘発シナリオ



図-3 調査位置



- ① 土石流発生跡地原頭中心部(非崩壊危険斜面)
- ② 土石流発生跡地原頭中心部から3.2m右岸(崩壊危険斜面)
- ③ 土石流発生跡地原頭中心部から2.8m左岸(崩壊危険斜面)

図-4 調査地詳細写真

2) 調査地状況

調査地状況を表-1 に示す。

表-1 調査地状況

番号	調査地点	調査地状況
①	非崩壊危険斜面	1) 太い木はない 2) 有機物堆積物厚さ0.01~0.03m 3) 斜面勾配 (約20°) 4) 下降斜面でまさ土
②	崩壊危険斜面	1) 松を主とする雑木林 2) 有機物堆積物厚さ0.05~0.07m 3) 斜面勾配 (約30°) 4) まさ土の複合斜面
③	崩壊危険斜面	1) 松を主とする雑木林 2) 有機物堆積物厚さ0.03~0.05m 3) 斜面勾配 (約30°) 4) まさ土の複合斜面

非崩壊危険斜面:2005年に集中豪雨により斜面崩壊し、表土が流出して硬質な裸地となり、しばらく崩壊の危険度が低い斜面

崩壊危険斜面:過去に崩壊した形跡がなく、有機堆積物が多く地盤が軟らかく近い将来に崩壊の危険度が高い斜面

3) 調査結果

(1) 富栄養化試験

地盤の富栄養化物質質量(炭素・窒素)を、C-Nアナライザーを用いて測定した結果を図-5、6 に示す。

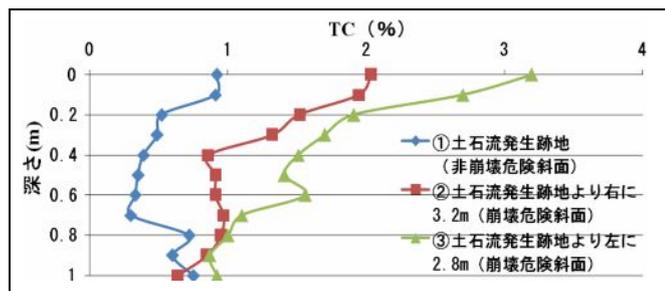


図-5 炭素含有量測定結果

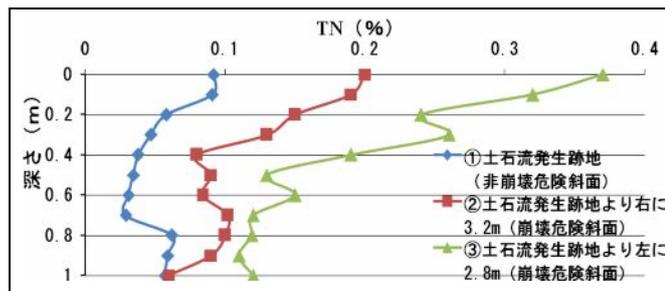


図-6 窒素含有量測定結果

(2) 土質試験

試験結果を図-7~14 に示す。

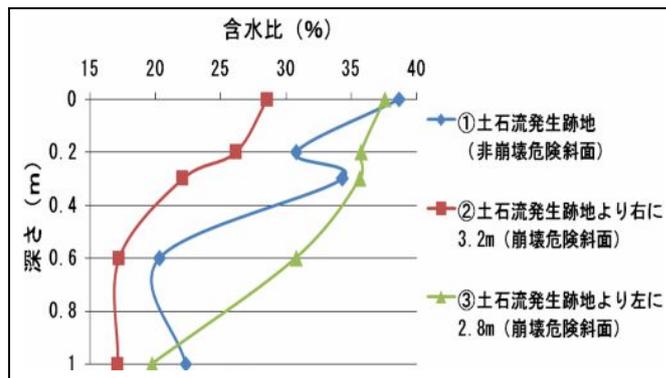


図-7 含水比試験結果

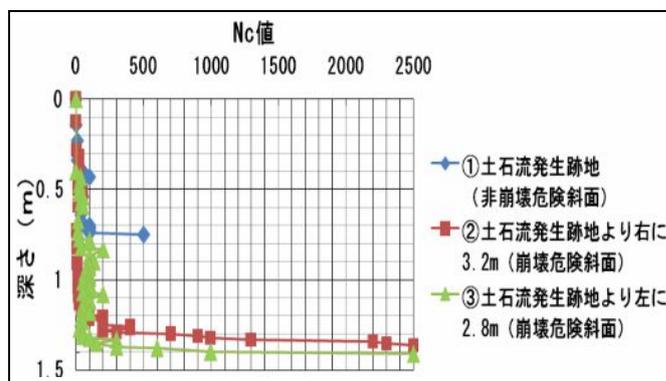


図-8 簡易貫入試験結果

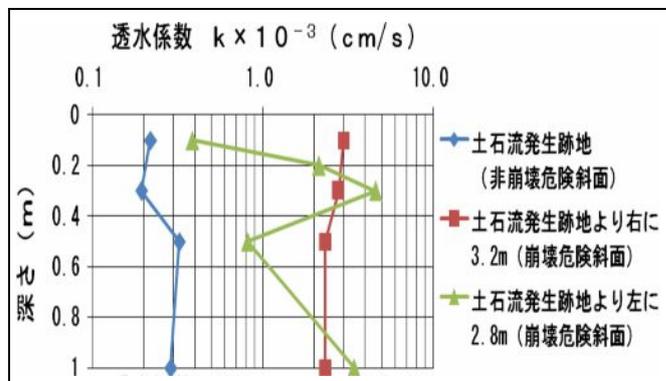


図-9 透水性測定結果

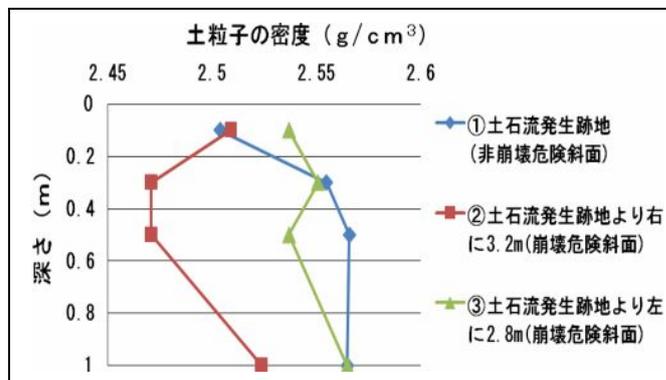


図-10 土粒子の密度試験結果

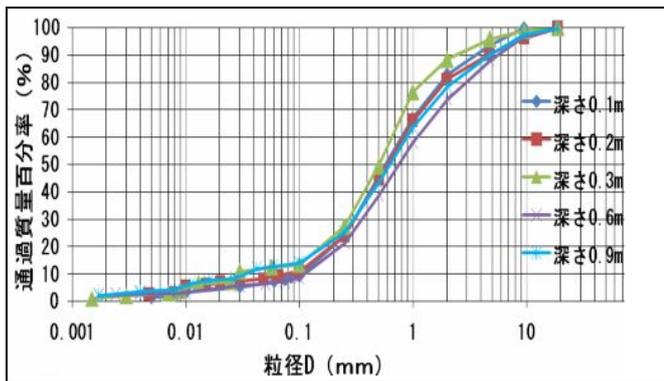


図-11 ①土石流発生跡地(非崩壊危険斜面)

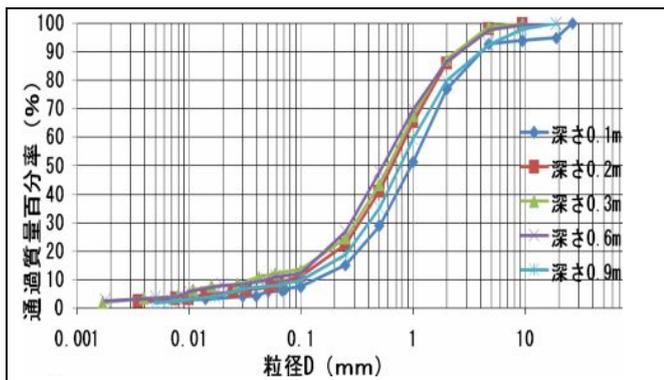


図-12 ②土石流発生跡地より左 3.2m(崩壊危険斜面)

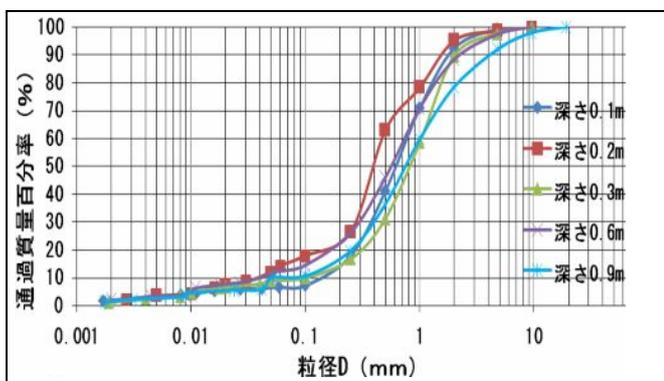


図-13 ③土石流発生跡地より右 2.8m(崩壊危険斜面)

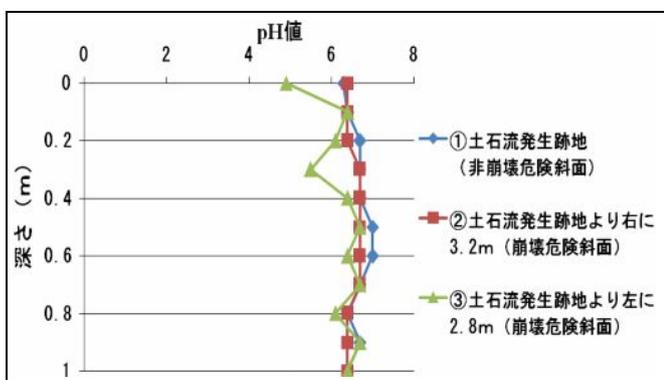


図-14 pH 試験結果

(3) 走査型電子顕微鏡による微生物の観察

走査型電子顕微鏡を用いて斜面地盤(深さ1m)に棲息する微生物を観察した。観察結果を図-15~18に示す。

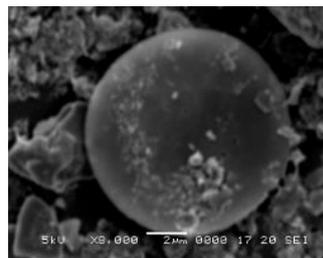


図-15 円盤状微生物
(観察倍率8,000倍)

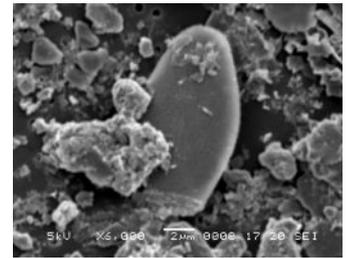


図-16 紡錘状微生物
(観察倍率6,000倍)

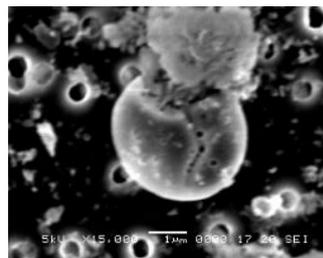


図-17 球状微生物
(観察倍率15,000倍)

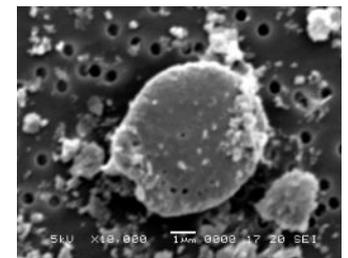


図-18 円盤状微生物
(観察倍率10,000倍)

4. 地盤の富栄養化物質の輸送挙動と地盤の力学的劣化に関するモデル実験

1) 実験内容

深さ1m地点までの富栄養化物質(炭素・窒素)の地盤内での輸送挙動と地盤の力学的劣化との関係調べるために、以下のような斜面地盤モデルを作成し、実験を行なった。試験項目は、富栄養化試験(炭素と窒素含有量の測定)と土質試験(含水比と地盤支持力の測定)である。

図-19に示すように、内径が0.05m、長さが0.1m、厚みが0.003mのパイプをセロテープで繋ぎ、高さ1.2mまで組み上げ、パイプ内に殆ど栄養分を含んでいない土を、硬度が一律に3kg/cm²になるよう1mの深さに詰め、斜面地盤モデルを作成した。この斜面地盤モデルの上に各種富栄養化物質を封入した。その後、上から50日間水を注入し、72時間放置した後、繋いでいたテープを剥がし、深さ0.1m毎の富栄養化物質(窒素、炭素)、含水比、地盤支持力を測定した。

2) 実験条件

封入富栄養化物質の種類と封入量、注入水の注水日数と注水量を表-2に示す。

3) 実験結果

深さ1mまでの富栄養化試験結果を図-20、21に、土質試験結果を図-22、23に、それぞれ示す。

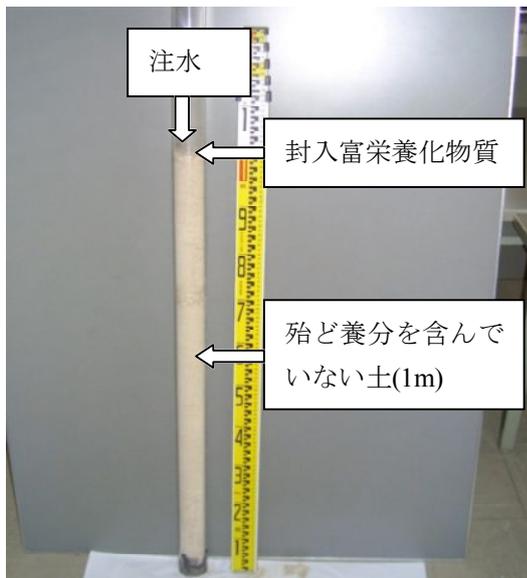


図-19 斜面地盤の富栄養化実験装置

表-2 実験条件

番号	封入富栄養物質		注入水	
	種類	封入量 (g)	注水日数 (day)	注水量 (ml/day)
1	土着微生物の培養体	20	50	100
2	0.3%アセトアニリド水溶液	0.3	50	100
3	腐葉土	20	50	100
4	葡萄	20	50	100
5	葉っぱ	20	50	100
6	なし	0	50	100
7	なし	0	0	0

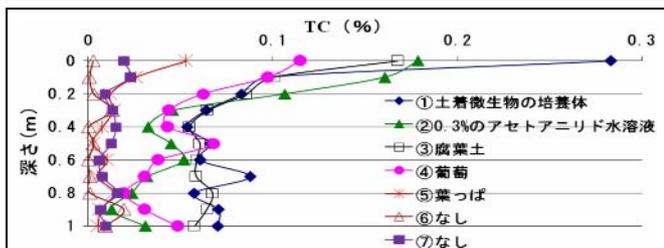


図-20 炭素含有量測定結果

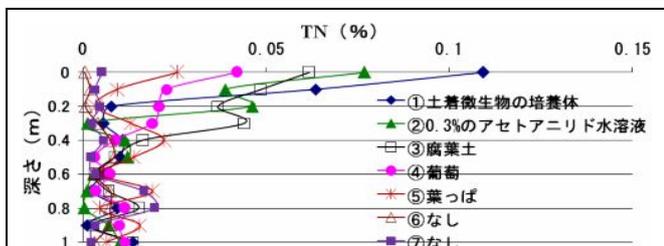


図-21 窒素含有量測定結果

5. 結語

本研究は、山地斜面生態系の富栄養化によって地盤の微生物が増殖し、微生物劣化(風化・団粒化)が促進

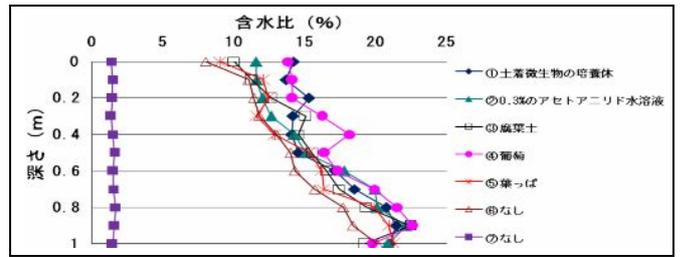


図-22 含水比試験結果

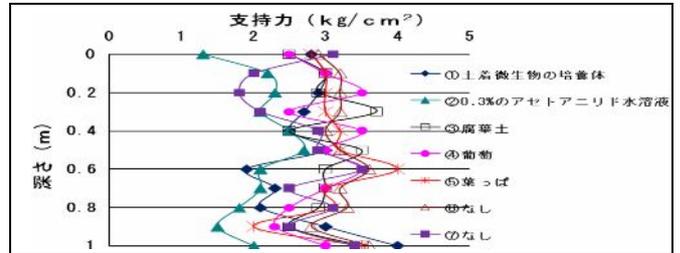


図-23 地盤支持力測定試験結果

され、斜面崩壊抵抗力が低下し地盤災害を誘発し易いという仮説検証のために行い、以下のことが分かった。

(1) 富栄養化斜面では、微生物の増殖活動が活発になり、微生物劣化が促進され、地盤支持力が小さくなり斜面崩壊抵抗力が低下し、地盤災害が誘発され易くなる。富栄養化していない斜面ではその逆である。

(2) 富栄養化物質は、地表面近くの深さ 0.3m までに多くあり、0.3m 以下では、相対的に少なく殆ど変化が無かった。地盤の富栄養化状態を判断するには、特別な場合を除いて、深さ 0.3m 地点まで測定するだけで斜面の富栄養化状態の概略を知ることが可能と思われる。

以上により、地盤災害を低減させるには地盤を必要以上に富栄養化させない(肥やさない・湿らせない)ことが重要である。

謝辞: 本研究は、H17~19 年度科学研究費(萌芽的研究)の助成を得て行われた。現場調査にあたり、ご便宜いただいた広島県広島地域事務所建設局廿日市支局に感謝の意を表します。

参考文献: 1) 二神重夫, 他 6 名: 山地斜面生態系の変化による崩壊の甚大化—山の富栄養化による微生物の働き(菌耕)—, 愛媛大学創立 50 周年記念シンポジウム論文集, 地盤工学会四国支部, pp. 89-98, 1999. 2) 河野孝之, 他 5 名: 地盤の富栄養化物質に関する輸送モデル実験, 土木学会中国支部 第 59 回研究発表会概要集, pp. 443-444, 2007. 3) Futagami, T., Terauchi, K., Kono, T.: Transportation Phenomena of Eutrophication Substances in Hillside Ecosystems Promoting Debris Flow Proceedings, 6th International Symposium on Ecohydraulics, IAHR, Poster Session, 56, 2007.