



報道機関各位

九州山地で起きている土壤侵食による土壤微生物相の変化は さらなる土壤侵食が起こる可能性を示唆している

宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程4年生陳富嘉さんと、九州大学大学院農学研究院の片山歩美助教らの研究チームは、宮崎県と熊本県にまたがる九州脊梁山地における土壤侵食が、森林内の土壤微生物相を変化させていることを明らかにしました。

九州脊梁山地では、シカ等によって森林下層の植物が食べられ、地表面の土壤が流れ出る土壤侵食が起きている箇所がよく見られています。

土壤微生物相（土壌内における微生物の集合）は、土壌中の有機物分解や植物との栄養受け渡しなどを通じて、森林生態系の物質循環などに重要な役割を果たしていますが、これまで森林内での土壤侵食がもたらす土壤微生物相の変化や土壤生態系への影響については分かっていませんでした。

【発表のポイント】

- 土壤微生物の群集組成を網羅的に解析した結果、九州山地で起きている土壤侵食が土壌中の微生物相を変化させていることがわかった
- 土壤侵食による微生物相の変化は、植物が定着しづらいような方向性になっており、今後さらに侵食が起きるような環境になっていることがわかった
- 本研究成果は、下層植生が消失した森林における土壤侵食についての生態系メカニズムの理解を促進させ、今後の森林管理や山地保全について基礎的な知見を提供するものである

【概要】

宮崎大学と九州大学の合同研究チームは、宮崎県と熊本県にまたがる九州脊梁山地における土壤侵食が、森林内の土壤微生物相を変化させていることを明らかにしました。九州脊梁山地ではシカ等による食害で、一部の森林における下層の植物や地上の落ち葉などが無くなってきています。下層の植物や落ち葉が無くなると、地表土壤が雨滴に晒されたり凍結融解が起きたりすることで、土壤が斜面を流れていく土壤侵食が起きている。この土壤侵食によって、土壌中の有機物量の低下や土壤密度の上昇が起きることが知られていますが、土壤微生物相がそのプロセスの中でどのように変化しているのかや、どのような役目を果たしているのかについては分かっていませんでした。

本研究チームが九州山地の3ヶ所で土壌微生物相の網羅的な解析を行ったところ、土壌侵食により3ヶ所の森林で同じ様に微生物相が変化していることが分かりました。その変化に関係性のある微生物の群集組成や環境中の機能性を解析したところ、真菌類では植物と共生関係を持つ外生菌根菌（※1）の相対存在量が低下し、代わりに植物病原性や腐生性の真菌類（※2）の相対存在量が増加する方向であったことを明らかにしました。また原核生物については、貧栄養な環境中でも生育できる分類群や深い土壌で優占する分類群の割合が増加していました。この結果は、土壌侵食が起きた場所では今後植物が定着しづらい微生物相になっていることを示しており、定着ができないことによってさらに土壌侵食が起きるような負のスパイラルになっている可能性を示唆するものでした。

これらの研究成果は、全国で増加しているシカ等による食害がもたらす森林環境の変化や、その後の土壌侵食や森林荒廃に関する土壌生態系のメカニズムの理解を促進させ、今後の森林管理や山地保全についての基礎的な知見を提供しています。

本研究成果は、「Journal of Forest Research」誌に2023年10月10日に掲載されました。本研究チームは、今回得られた知見を基にして、森林土壌生態系の保全や山地保全について引き続き研究を進めています。

【用語解説】

- ※1 外生菌根菌：植物の根に感染し、植物が養分を受け取るのを手助けしている共生菌類の一種。菌類は植物が作る光合成産物を受け取ることで生きている。
- ※2 植物病原性や腐生性の真菌類：真菌類のうち、植物病原性の菌類は植物に病変などを発生させて栄養を得ており、腐生性の真菌類は栄養の摂取を枯死した植物などから得ている。

【背景】

九州脊梁山地には冷温帯落葉広葉樹林が広がり、ブナやモミといった高木の樹木とササなどが森林下層に茂る自然豊かな地域です。全国的にも増加傾向であるニホンジカの個体数とそれによる食害の影響で、同地の森林内の植物も食害にあっています。かつては森林下層にササが茂っていましたが、その多くは食べられ、さらに樹木の芽生えなども食害の影響を受けています。食害によって森林下層の植物体の量が減少し、地表面が雨の影響に直接晒されることで、地表面の土壌が斜面下方向に流れ出る土壌侵食が起きています。これまでは土壌侵食によって土壌の物理特性（土壌密度など）や化学特性（土壌有機物量など）に変化があることが知られてきましたが、土壌微生物相の変化については分かっていませんでした。土壌微生物は土壌中の有機物分解や植物との栄養受け渡しなどを通じて、森林生態系の物質循環などに重要な役割を果たしています。本研究チームは土壌侵食が土壌微生物の群集組成や機能面にどのような影響を及ぼすのかを、次世代シーエンサー（※

3) を用いた網羅的な手法により解析し、森林内における土壌侵食との関連性について調べました。

本研究チームが調査を実施した場所は、宮崎県椎葉村にある九州大学宮崎演習林内の2つのエリア（丸十と三方岳）と、熊本県あさぎり町にある白髪岳の、合計3つのエリアです。（図1）。いずれの地点でもシカ等の食害によって下層植生が無くなり、その後に土壌が流亡していることが確認されています。これまでの研究で3つのエリアでの土壌侵食が、樹木の根っこを露出させて土壌中の有機物量を低下させることが分かっていました

（Katayama et al. 2023）。調査では、土壌侵食の指標である根っこの露出度合いを基準に、ひどく起きている箇所から起きていない箇所を選び、そこから土壌を採取しました。採取した土壌から DNA を抽出して土壌微生物（原核生物、真菌）の群集組成を解析し、土壌侵食と関連のある環境指標との関係性について解析しました。

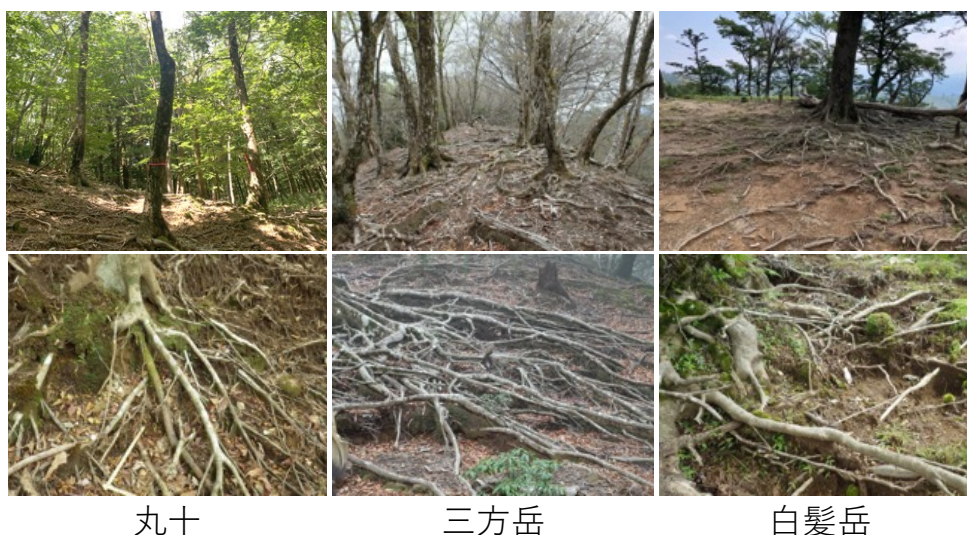


図1 調査を実施した3つのエリアの概況（上段）。

下段は土壌侵食によってひどく根っこが露出している箇所。

撮影者：片山歩美（上段左）、陳富嘉（上段中央）、徳本雄史（上段右、下段）

用語解説

※3 次世代シーケンサー：生物の設計図である DNA の配列を同時並行的に大量に解析する装置。今回は土壌微生物の原核生物と真菌類の種判別が可能な領域を対象にして、複数のサンプルを同時に配列決定した

【成果】

3つのエリアの土壌中の原核生物相と真菌相を解析し、それらの群集組成を調べたところ、サンプルの群集組成が土壌侵食によって大きく影響を受けていることが分かりました。サンプル同士の群集組成がどれくらい似ているかを示す指標を算出し、それを元に二次元平面上に図を描くと、サンプルが大きくばらついて分布していました（図2）。これに対して、根の露出度合いや土壌中の有機物含量が影響を及ぼしているかどうかを解析すると、根の露出度合いは3つのエリアで同じような方向性を持ってサンプルに影響を及ぼしていました。

根の露出度合いに沿って、どのような微生物に変化があるかを解析すると、原核生物では貧栄養な土壌でも生育できる分類群や土壌の深いところに多い分類群の割合が増えていることが分かりました。真菌類では根の露出度合いに沿って植物病原性や腐生性の真菌類の相対的な存在量が増加していました（図3左）。また、植物の定着や成長を助ける共生性の真菌類のうち、外生菌根菌の相対存在量が土壌の腐植中の有機物含量の低下に伴って低下していることも分かりました（図3右）。

これらの結果は、土壌侵食が起きているような場所では、植物にとって共生関係にある真菌類の割合が低下し、病原性の真菌類の割合が増加することによって、植物の発芽やその後の生育などの定着確率が低下する可能性を示しています。植物が定着しづらくなると、植物が持つ雨などの緩衝能力が発揮されないことから、土壌表層の流亡は今後も続く可能性があります。今後の森林管理や山地保全の観点から、土壌侵食による土壌物理、化学、微生物相への影響を最小化させる何らかの対策が必要であることが示唆されます。

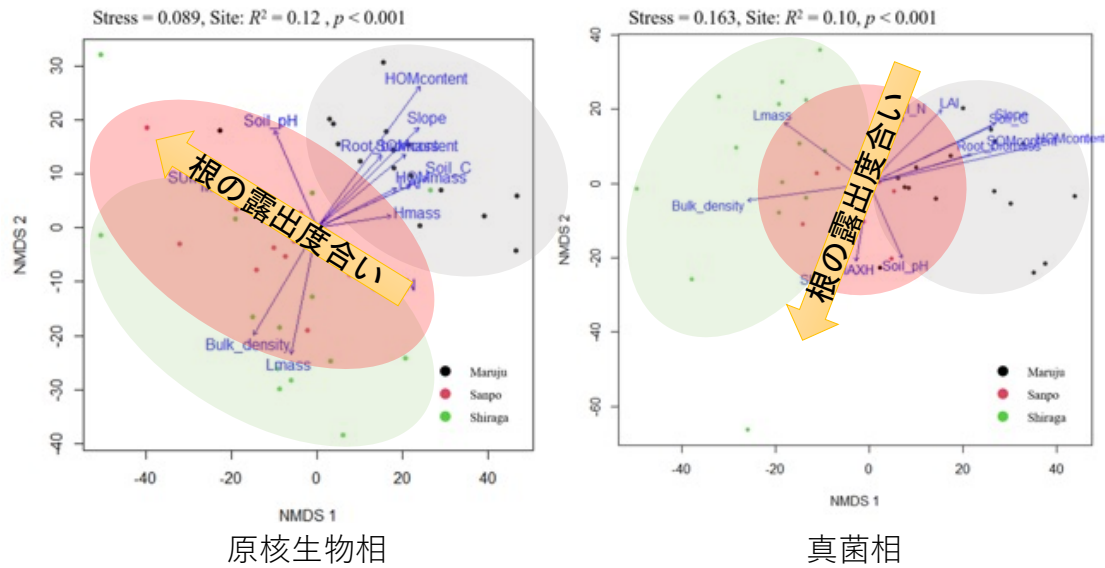


図2 原核生物相（左）と真菌相（右）の群集組成データを元に2次元平面上に描いた図。点は各地点で採取したサンプルで、黒色が丸十、赤色が三方岳、緑色が白髪岳で採取したサンプル。点と点の間隔が近いほど似たような群集組成であることを示している。群集組成と統計的に有意な関係性のある環境変数を青色の矢印で示しており、特に根の露出度合いについては太矢印で示しており、3つの地点で矢印に沿ってサンプルが分布していることがわかる。（論文掲載の図を改変）

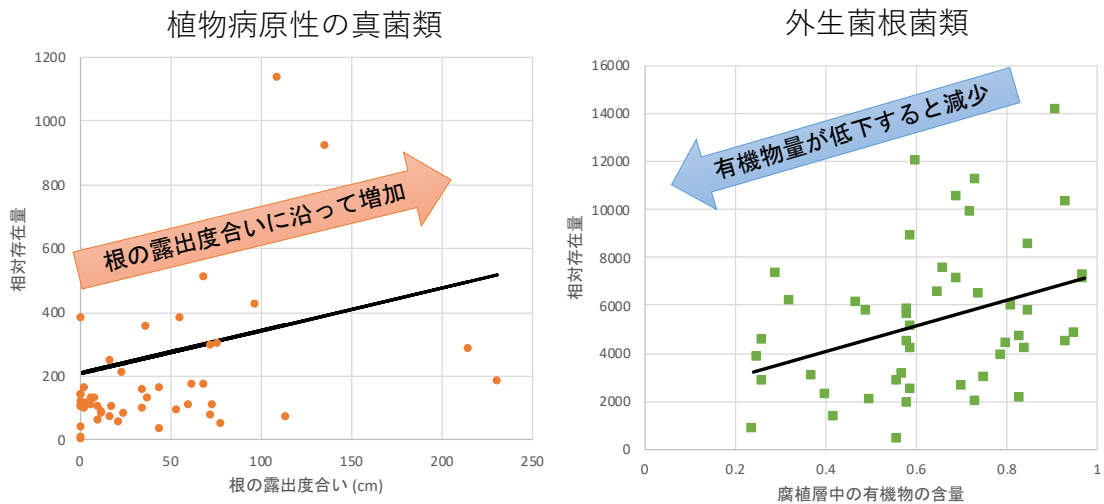


図2 植物病原性の真菌類の相対存在量と根の露出度合いの関係（左）と、外生菌根菌類の相対存在量と腐植層中の有機物の含量との関係（右）。根の露出度合いと、腐食中の有機物含量に沿って、植物病原性と外生菌根菌の相対存在量が変化している。

【展望】

今回の研究では、土壌侵食が土壌微生物相や土壌生態系への影響について明らかになりました。さらに、植物への影響についての予測ができたことから、今後はこの微生物相の変化がどの程度植物へ影響を及ぼしているのかということへの解明について期待されます。土壌微生物相は生態系の中でもブラックボックスとされてきましたが、次世代シーケンサーによる解析が普及してきたことによって、今回のような様々な場所の微生物相が解明されてきています。今後も同調査地や周辺の土壌微生物相のデータを蓄積することで、森林内の土壌微生物相の挙動解明や生態系内での役割の解明、それらの将来予測などに期待ができます。

また、山地での土壌侵食は、シカ等の食害がある周辺エリアなどでも見られています。今回明らかになった微生物相の変化についての知見を生かして、侵食防止のための対策を取ることが必要であると考えられます。侵食防止策を実施した場合の土壌微生物相や土壌生態系の変化の解明、そして森林内の植物の定着がどうすれば促進されるのかなどの応用的な研究も期待されます。

【論文情報】

タイトル: Effects of soil environmental changes accompanying soil erosion on the soil prokaryotes and fungi of cool temperate forests in Southern Japan

著者: Fu-Chia Chen¹, Ayumi Katayama², Mimori Oyamada³, Taku Tsuyama⁴, Yoshio Kijidani⁴, Yuji Tokumoto^{5,*}

所属:

1: 宮崎大学 農学工学総合研究科, 2: 九州大学 大学院農学研究院 宮崎演習林, 3: 九州大学 大学院農学研究院, 4: 宮崎大学 農学部森林緑地環境科学科, 5: 宮崎大学 研究・産学地域連携推進機構

*: 連絡責任者

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13416979.2023.2265006>

オンライン出版日: 2023年10月10日

【取材に関する問合せ先】

宮崎大学 企画総務部総務広報課

TEL : 0985-58-7114 e-mail : kouhou@of.miyazaki-u.ac.jp

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 e-mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

【研究に関する問合せ先】

宮崎大学大学院 農学工学総合研究科 資源環境科学専攻

博士後期課程4年生 陳 富嘉 (Chen Fu-Chia)

e-mail : na20002@student.miyazaki-u.ac.jp

九州大学 大学院農学研究院 環境農学部門 宮崎演習林

助教 片山 歩美

TEL : 0983-38-1116 e-mail : ayumi.katayama0920@gmail.com

宮崎大学 農学部 森林緑地環境科学科

教授 雉子谷 佳男

TEL : 0985-58-7180 e-mail : kijiyo@cc.miyazaki-u.ac.jp

助教 津山 濯

TEL : 0985-58-7190 e-mail : tsuyama@cc.miyazaki-u.ac.jp

宮崎大学 研究・産学地域連携推進機構 テニユアトラック推進室

准教授 徳本 雄史

TEL : 0985-58-7865 e-mail : tokumoto.yuuji.k8@cc.miyazaki-u.ac.jp

[参考文献]

Katayama, A., Oyamada, M., Abe, H., Uemori, K., Hishi, T. 2023. Soil erosion decreases soil microbial respiration in Japanese beech forests with understory vegetation lost by deer, *Journal of Forest Research*, DOI: 10.1080/13416979.2023.2235499