

令和5年8月8日

砂漠で植物を助ける微生物の実態に迫る 植物による根の有用微生物の感染制御

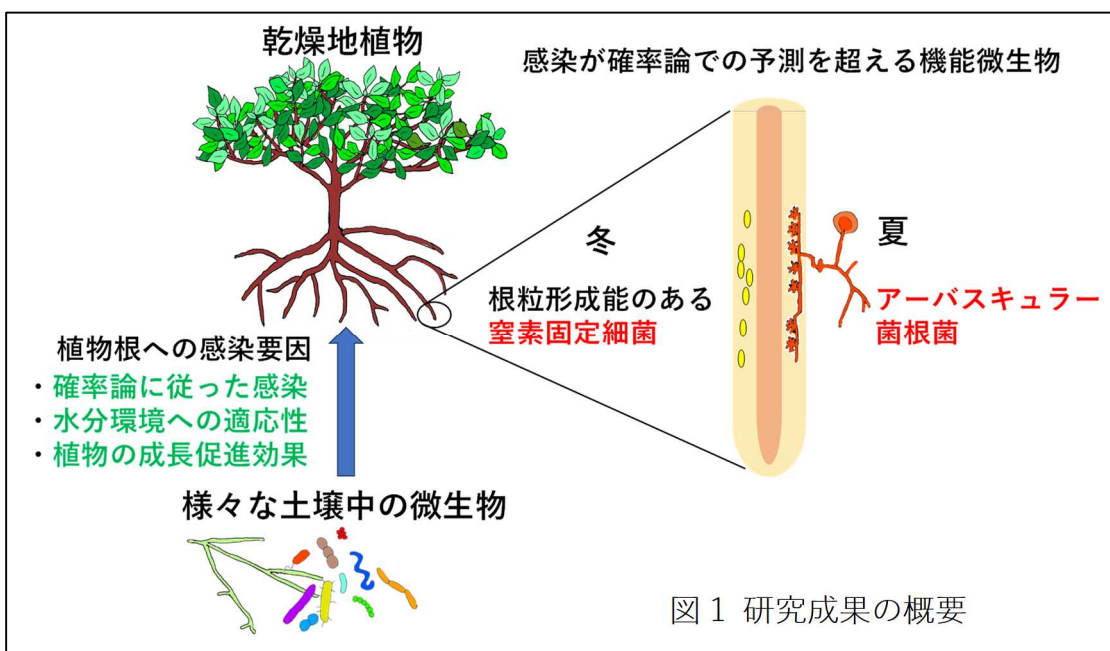
(鳥取大学乾燥地研究センター・谷口武士准教授、北京大学・磯部一夫准教授、環境科学技術研究所・今田省吾研究員、ハルツーム大学・モハメド准教授、国立環境研究所・赤路康朗研究員、日本原子力研究開発機構・中山理智研究員、カリフォルニア大学リバーサイド校・Michael Allen 名誉教授、カリフォルニア大学リバーサイド校・Emma Aronson 准教授)

砂漠は地球上で最も過酷な環境の1つです。この暑く乾いた砂漠で生きる植物の根では、植物に有用な微生物の感染が促進され、かつ夏と冬の異なる水分条件に合わせて、共生微生物の菌根菌と窒素固定細菌を使い分けている可能性が示されました。この成果は、乾燥地における植物の適応性向上に微生物制御が大きく関与していることを示すとともに、年間を通じて変化する様々な環境に適応的な複数の有用微生物を組み合わせて利用することで、持続的農業や環境修復への微生物利用の効果が高まることを示しています。

本研究成果は2023年7月17日付で「Science of the Total Environment」オンライン版に掲載されました。

1. 研究成果のポイント

- ・ 砂漠植物の根における微生物の感染メカニズムと微生物の特性との関係は不明でした。
- ・ 5種の砂漠植物の根に含まれるDNAを用いたメタバーコーディング、およびモデル解析から、湿潤な冬には窒素固定や植物の成長促進効果といった植物に有用な形質をもつ細菌が増加する一方で、乾燥が厳しい夏には、細菌よりも耐乾性に優れた共生菌であるアーバスキュラー菌根菌の感染が増加していました(図1)。
- ・ 砂漠植物は乾燥条件に応じて適切な有用微生物を巧みに使い分けて適応性を高めていることが示唆されました。この知見に基づく農業や環境修復への波及効果が期待されます。



2. 研究背景

近年、植物のマイクロバイーム（微生物叢）に関する研究が急速に発展してきています。農業生産や環境修復へのマイクロバイーム利用は次世代型の持続性技術として注目されていますが、種多様性が非常に高く、その環境応答も複雑であるため、実際の利用にはまだ結びついていないのが現状です。

マイクロバイームの重要性は厳しいストレス環境の砂漠でも注目されつつあります。植物は根の周り（根圏）を水分や温度条件、養分の点で快適に保ち、植物の成長促進に関連する遺伝子を持つ細菌を保持していることも砂漠植物で明らかにされました。植物の根の中では、根の周りよりも成長促進などの効果に優れた微生物が多く含まれる可能性が指摘されていたものの、この点は不明でした。

本研究では、年平均降水量が 135 mm、夏の月平均最高気温が 39.9°C に達する過酷なカリフォルニアのコロラド砂漠（図 2）を対象として、ここで生きる植物の根の微生物がどのように制御されているのかを明らかにしました。

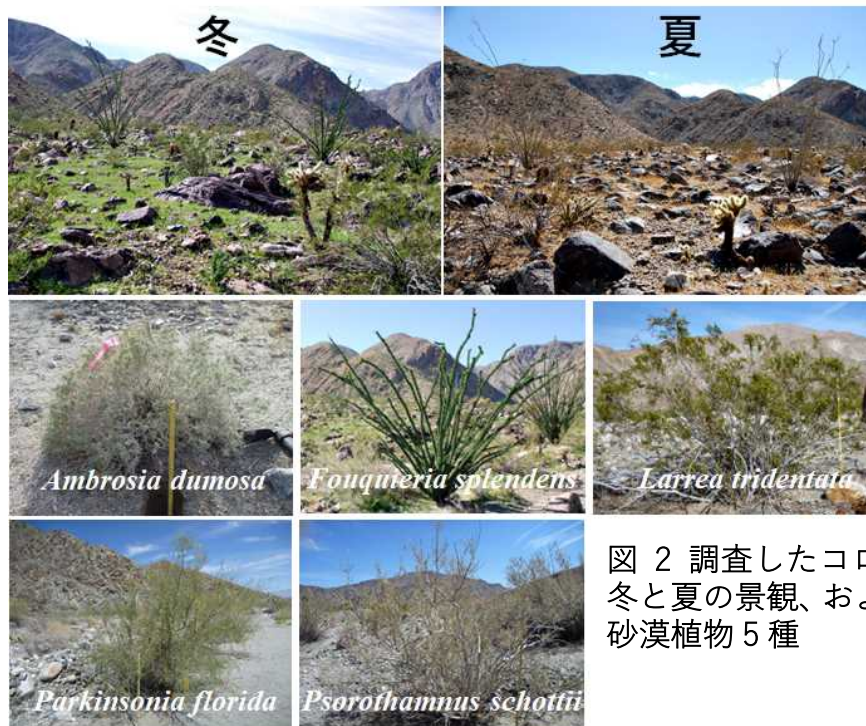


図 2 調査したコロラド砂漠の冬と夏の景観、および調査した砂漠植物 5 種

3. 研究内容

乾燥地植物 5 種類の根に内生する細菌、および真菌の DNA をメタバーコーディングと呼ばれる遺伝子解析に供試し、どのような微生物が夏と冬で増加しているのか、そしてどのような特徴を持った微生物が中立モデルによる確率論で予測されるよりも高い頻度で根に存在しているのかを解析しました。

この結果、乾燥が厳しい夏は、乾燥に強く、植物と共生するアーバスキュラー菌根菌の感染が高まっていました（図 3）。冬は湿潤な環境に適応的なグラム陰性細菌の感染が高まっており、中でも植物の成長促進や窒素固定を行う細菌の感染が高まっていることが分かりました。また、モデル解析で予想以上の感染を示した窒素固定細菌としては、根粒形成能力を有する系統のものが大部分を占めており、根粒を形成しない植物であっても、根粒菌との分子/遺伝的な相互作用が感染に寄与している可能性が示されました。

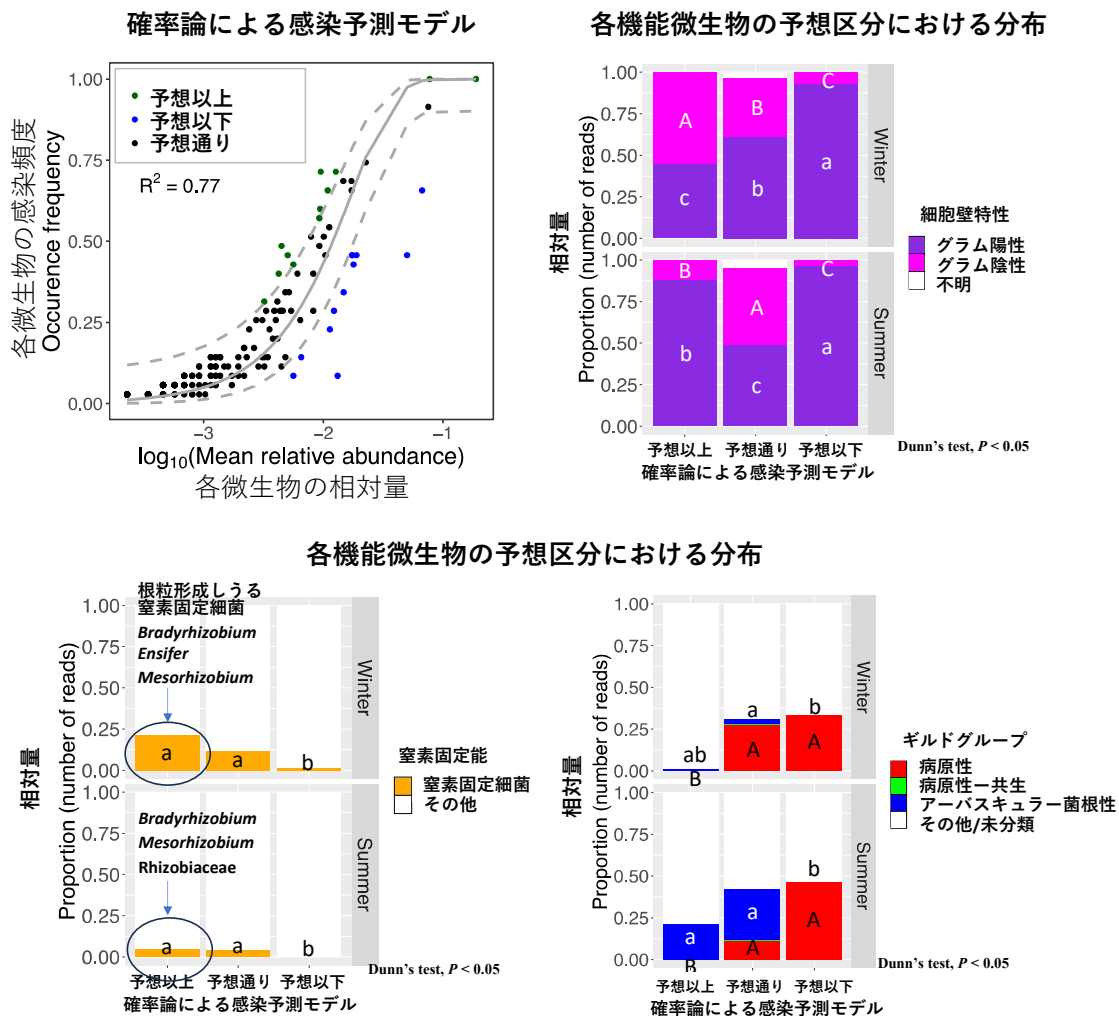


図3 確率論による感染予想モデル、およびその予想区分と微生物機能の関係

砂漠のような過酷な環境で生きる植物も微生物との共生を適切に制御して生きていることが実際のフィールドで明らかにされました。このことは、植物—微生物間相互作用が厳しい環境で植物を助ける重要な適応戦略になっていることを示すとともに、乾燥地での農業や環境修復に有用な微生物タイプとその水分環境による使い分けの重要性が明確に示されました。

4. 今後の展開

健全な自然の中では、砂漠であっても植物は有用な微生物との共生を維持していることが明らかになりました。このような植物と微生物の共生関係が自然本来の姿であることを踏まえて、さらに詳細な植物—微生物—環境間相互作用の理解を深めるとともに、どのようにこの植物と微生物の健全な関係を農業などの人為的な環境に取り込み、持続的な土地利用に発展させていくのかといった、基礎研究と応用研究の双方からの展開が期待されます。

5. 掲載論文

著者: Takeshi Taniguchi, Kazuo Isobe, Shogo Imada, Mohamed M. Eltayeb, Yasuaki Akaji, Masataka Nakayama, Michael F. Allen, Emma L. Aronson (谷口武士、磯部一夫、今田省吾、Mohamed M. Eltayeb、赤路康朗、中山理智、Michael F. Allen、

Emma L. Aronson)

論文名: Root endophytic bacterial and fungal communities in a natural hot desert are differentially regulated in dry and wet seasons by stochastic processes and functional traits (高温砂漠における根部内生細菌・真菌群集は、確率論と機能形質において乾季と雨季で異なる制御を受けている)

掲載誌: Science of the Total Environment (2023) (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165524>)

6. その他

本研究は、「独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業」、「USDANIFA」の支援を受けて実施しました。

【用語説明】

アーバスキュラー菌根菌：真菌（カビ）の1種で、植物の根に侵入し、菌根と呼ばれる共生器官を植物と形成する。陸上植物の80%以上がこの菌根を形成し、リンなどの養分吸収を菌根菌に大きく依存している。

窒素固定細菌：大気中の窒素ガスをアンモニア態窒素に還元して生体内に取り込む窒素固定能力をもつ細菌。

メタバーコーディング：環境中の生物種をDNAから調べる方法。

マイクロバイーム：ある環境に存在する多種多様な微生物の集合体。微生物叢。

中立モデル：生物群集の成立は物理的要因や生物間相互作用だけでなく、統計学的確率性によっても成立するという仮説に基づくモデル。ここでは、存在量の多い微生物は感染する植物個体も多くなるという考え方に基づくモデル。

【問い合わせ先】

<研究内容>

鳥取大学乾燥地研究センター 准教授 谷口武士

TEL 0857-23-3411 e-mail: takeshi@tottori-u.ac.jp

<報道担当>

鳥取大学総務企画部総務企画課広報企画室

TEL 0857-31-5006 e-mail: ge-kouhou@ml.adm.tottori-u.ac.jp