東北大学
TOHOKU UNIVERSITY

2025 年 4 月 28 日

国立大学法人東北大学

森林の炭素貯留に影響する菌類の種間競争
～木材腐朽菌の種間競争とストレス応答～

【発表のポイント】
- 枯死木を分解する木材腐朽菌、特に褐色腐朽菌は、森林における炭素の貯留を促進すると考えられます。
- 褐色腐朽菌マツオウジは、白色腐朽菌シハイタケよりも高温ストレス下での代謝を安定化させることで、競争に強いことがわかりました。
- 高温環境で褐色腐朽菌が優占する生理的な仕組みだと考えられます。

【概要】

枯死木のリグニンを分解する白色腐朽菌と分解しない褐色腐朽菌の相対的な優占度は森林の炭素貯留や生物多様性に影響することがわかってきています。例えばリグニンが分解されない分、褐色腐朽材では白色腐朽材にくらべ森林に貯留される炭素量が多くなると予想されます。一方、リグニンが除去され利用可能なセルロースが露出している白色腐朽材は、褐色腐朽材よりも多様な生物が定着する傾向があります。枯死木内における白色腐朽菌と褐色腐朽菌の競争には温度が影響することが知られていますが、その生理的な仕組みはよくわかっていません。

本研究では、褐色腐朽菌のマツオウジと白色腐朽菌のシハイタケの菌株を使った培養実験により、高温ストレスが白色腐朽菌と褐色腐朽菌の炭素配分と競争に与える影響を調べました。その結果、シハイタケは高温ストレスの影響を受けやすいのに対し、マツオウジは影響を受けにくく、高温ストレス下での競争に強いことがわかりました。

本研究成果は 2025 年 4 月 24 日（木）に国際誌 Fungal Ecology で公開されました。

【詳細な説明】

研究の背景

枯死木を分解する木材腐朽菌は、難分解性のリグニン[1]を分解する白色腐朽菌と、リグニンを分解しない褐色腐朽菌に大別できます。この違いは、枯死木に生息する様々な生物の多様性や、枯死木の分解残渣として土壌中に貯留される炭素の量を予測する上で非常に重要です。例えばリグニンが分解されない分、褐色腐朽材では白色腐朽材にくらべ森林に貯留される炭素量が多くなると予想されます。野外調査により、アカマツの枯死木では低緯度ほど褐色腐朽菌に分解される頻度が高いことがわかりました。枯死木内部でどの腐朽菌が優占するかは、腐朽菌同士の競争の結果に依存するので、高温環境では白色腐朽菌にくらべ褐色腐朽菌の競争力が強いことが予想されますが、実際そうなのか、またその生理的なメカニズムについてはよくわかっていません。

今回研究グループは、アカマツの枯死木から得られた白色腐朽菌シハイタケと褐色腐朽菌マツオウジの菌株を用いた培養実験により、高温ストレスが白色腐朽菌と褐色腐朽菌の炭素配分と競争に与える影響を調べました。

今回の取り組み

シハイタケ２菌株とマツオウジ２菌株を、純粋培養、同種他株、異種株の組み合わせで、30 度（平温）と 35 度（高温ストレス）の条件下で液体培養し、培地からの炭素吸収量および菌糸体成長量、CO_2 放出量、有機酸[2]などの生産量を比較しました。また、異種株の組み合わせでは培養後のコロニー面積比率から競争結果を判定しました。25 日間培養した結果、高温ストレスはどちらの菌種でも菌糸成長を抑制し、CO_2 放出量を 1.3~1.7 倍増加させました（図 1）。このため、どちらの菌種でも高温ストレスは等しくかかると考えられます。

一方、培地からの炭素吸収量から菌糸体や CO_2、有機酸などの炭素量を差し引いた行き先不明の炭素量は、シハイタケでは高温ストレス下で増加したのに対し、マツオウジではあまり変化しませんでした。これらの物質は高温ストレス耐性に関係している可能性があるため、シハイタケでは高温ストレスに対応するために代謝コストが大幅に増加したことが考えられます。菌種間の競争は、30 度では引き分けでしたが、35 度ではマツオウジが優占しました（図 2）。これらの結果から、褐色腐朽菌のマツオウジは白色腐朽菌のシハイタケより高温ストレスに耐性があり、高温ストレス下でも代謝をあまり変化させないことで競争への投資を維持できるため、競争的に有利になっている可能性が考えられます（図 3）。

今後の展望

高温ストレスに耐性がある性質が褐色腐朽菌に一般的に見られるかどうかは、さらに多くの菌種で培養実験を行って確かめる必要があります。また、高温以外

にも低温や乾燥、有毒物質といったさまざまなストレス条件で褐色腐朽菌 vs 白色腐朽菌の競争関係を調べることで、温暖化が枯死木分解に与える影響や汚染地域での枯死木分解についての理解が深まると期待されます。

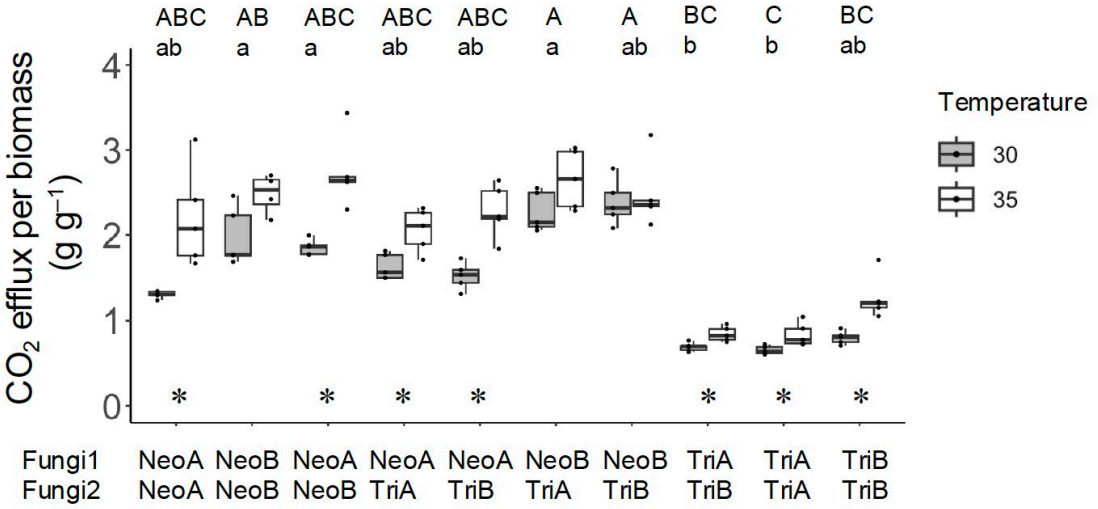

図 1. 菌糸重量あたりの CO_2 放出量。Fungi1 と Fungi2 の名前が同じ組み合わせが、それぞれの菌の純粋培養。他は、同種他菌株や他種との対峙培養。

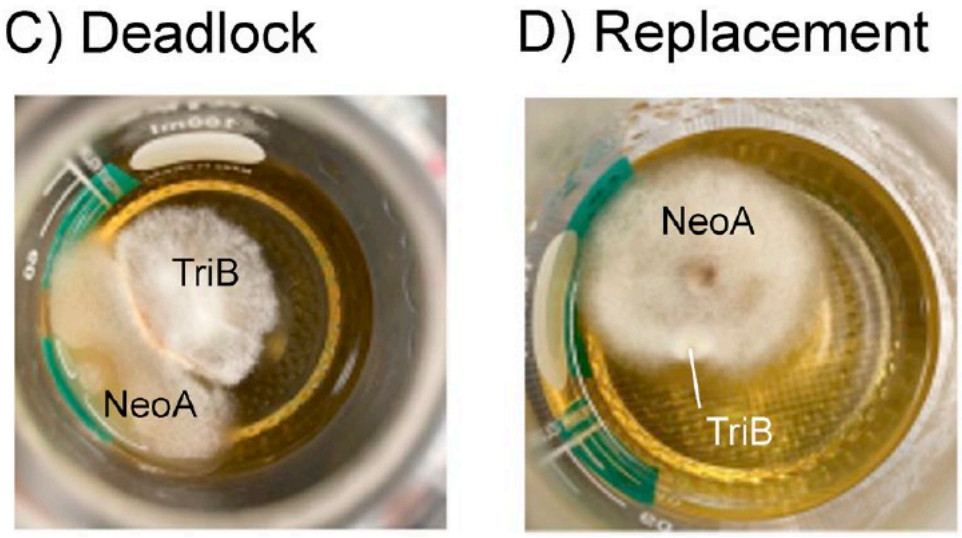

図 2. 液体培養の様子。左が 30 度で引き分け（Deadlock）、右が 35 度でマツオウジ A 系統（NeoA）が優占した様子。

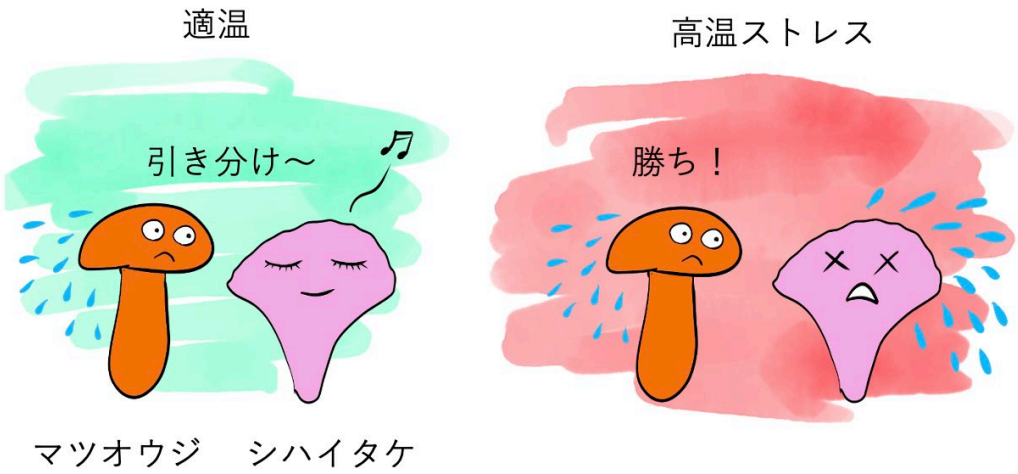

図 3. シハイタケは適温では余計な物質を作らず効率の良い代謝をしているが、高温ではストレス応答への投資が増え、種間競争への投資が減る。一方マツオウジは適温でも高温ストレスでも代謝をあまり変化させないので、結果として高温ストレスで種間競争に勝ちやすい。

【用語解説】

注1.　リグニン

木材を構成する３大成分（リグニン、セルロース、ヘミセルロース）の一つで、木材の 20~30%程度を占める。難分解性。

注2.　有機酸

本研究で測定した酢酸や乳酸は、グルコースから ATP（アデノシン３リン酸。すべての生物に共通するエネルギー通貨）を生合成する解糖系の代謝経路の後で好気的・嫌気的に生合成される。ストレス耐性に関与すると考えられる有機酸もある。

【論文情報】

タイトル : Carbon allocation shifts during fungal mycelial competition under the heat stress.
著者：Yu Fukasawa*, Satsuki Kimura
*責任著者：深澤　遊（東北大学大学院農学研究科　准教授）
雑誌名：Fungal Ecology
DOI：10.1016/j.funeco.2025.101435
URL：https://doi.org/10.1016/j.funeco.2025.101435

【問い合わせ先】
（研究に関すること）
深澤 遊（フカサワ ユウ）
東北大学大学院農学研究科 准教授
TEL: 0229-84-7397
E-mail: yu.fukasawa.d3*tohoku.ac.jp
（*を@に置き換えてください）

（報道に関すること）
東北大学大学院農学研究科
附属複合生態フィールド教育研究センター
総務係
TEL: 0229-84-7312
E-mail: far-syom*grp.tohoku.ac.jp
（*を@に置き換えてください）