

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02257

研究課題名(和文) 白色腐朽菌と共存細菌とのケミカル・トーキング～シグナル分子の解明と新機能発現～

研究課題名(英文) Chemical talking between white rot fungi and co-existing bacteria
-identification of signaling chemicals and improvement of fungal functions-

研究代表者

亀井 一郎 (Kamei, Ichiro)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：90526526

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円

研究成果の概要(和文)：細菌Curtobacterium sp. TN4W-19は白色腐朽菌Stereum sp. TN4Fの菌糸伸長を促進する。本研究で、TN4W-19液体培養液の酢酸エチル抽出物にTN4Fの菌糸伸長促進活性が見出された。また3つの化合物に白色腐朽菌菌糸伸長促進効果が見られた。すなわち化合物を介して菌糸伸長を促進することが示された。白色腐朽菌P. brevisporaの多環式芳香族化合物の分解能は、細菌株Enterobacter sp. TN3W-14とPseudomonas sp. TN3W-8の共培養により改善された。細菌との共培養により白色腐朽菌機能の強化が可能であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

白色腐朽菌は木材腐朽能力に起因する高い有機物分解能力で、有害化合物の分解浄化やバイオマスの有価物への変換への応用が期待されている。本研究では、白色腐朽菌の成長を促進する要因の一つとして細菌が生産する化合物が関与することを初めて示したため学術的に新規性が高い。また、細菌との共培養により白色腐朽菌の機能を向上させることに成功した。これは、白色腐朽菌の応用研究において細菌との共培養という新しいツールを提供する点で意義がある。

研究成果の概要(英文)：Curtobacterium sp. strain TN4W-19 which was a bacterium isolated from rotting-wood had the ability to enhance the growth of white rot fungus Stereum sp. TN4F. It was proved that ethyl acetate extract from the culture with bacterial strain TN4W-19 enhance the growth of white rot fungal strain TN4F. Then It was shown that three metabolites enhance the growth of mycelial growth of fungal strain TN4F. These results indicated that bacterium TN4W-19 enhance the growth of white rot fungus TN4F via bacterial metabolite.

The effect of co-culturing white-rot fungus Phlebia brevispora with growth-promoting bacterial strains Enterobacter sp. TN3W-14 and Pseudomonas sp. TN3W-8 on the degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) was evaluated in liquid culture. The low level of degradation ability of fungal axenic culture toward benzo(a)pyrene was improved significantly by co-culturing the fungi with a mixture of bacterial strains TN3W-8 and TN3W-14 (mixed bacterial co-culture; MBC).

研究分野：森林化学

キーワード：白色腐朽菌 細菌 木材腐朽 微生物間相互作用 シグナル物質 複合微生物系 バイオレメディエーション 共培養

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

森林生態系は樹木を中心として成立している生態系であり、そこに生息する生物は樹木の多大なる恩恵を得ている。林床には年間多くの植物遺体が蓄積するが、中でも枯死木は分解に時間がかかるため長期間林床に蓄積し、その分解過程で多くの生物の生息場所となっている。枯死木を腐朽分解する微生物にきのこの仲間である白色腐朽菌がいる。白色腐朽菌は樹木細胞壁成分のリグニンを分解し、水と二酸化炭素にまで無機化することのできる唯一の生物であることが知られている。一方で、環境中の腐朽木には多くの細菌が存在することがメタゲノム解析によって示されているが、白色腐朽菌と共存する細菌がどのように相互作用しているかは不明であった。白色腐朽菌は特定の細菌と共存することで生長や生理的な活動を強化し、生存を有利に進めているのではないかと推察される。しかし、異種生物である白色腐朽菌と細菌が、どのような手段でお互いにコミュニケーションをとっているのかは明らかではなかった。また、白色腐朽菌はその特異な有機物分解能力から、環境浄化(バイオレメディエーション)やバイオリファイナリー分野で応用が期待されているが、細菌との複合微生物の視点からの研究はされていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)細菌と白色腐朽菌との間で化学物質を介したコミュニケーションが存在すると仮説を立て、立証すること。(2)ある種の細菌と白色腐朽菌を共培養することで、白色腐朽菌による有害汚染物質分解能を増強することができるという仮説を立証すること、の2点とした。(1)については、同一腐朽木から分離した白色腐朽菌 *Stereum* sp. TN4F 株と、その菌系伸長を促進する共存細菌 *Curtobacterium* sp. TN4W-19 株をモデルとして、細菌 TN4W-19 株が分泌する白色腐朽菌 TN4F 株の菌系伸長促進物質の探索を行った。(2)については、ダイオキシン類や polychlorinated biphenyls (PCBs) を含む複数の残留性有機汚染物質を分解可能な白色腐朽菌 *Phlebia brevispora* の成長促進作用を持つ細菌の探索と、その細菌と白色腐朽菌を共培養することにより、多環式芳香族化合物、ネオニコチノイド系殺虫剤および人工色素の白色腐朽菌による分解性を向上できないかを検討した。

3. 研究の方法

(1) 細菌が分泌する白色腐朽菌菌系伸長促進物質の探索

材料と菌株

白色腐朽菌 *Stereum* sp. TN4F 株と共存細菌 *Curtobacterium* sp. TN4W-19 株を用いた。いずれも宮崎大学の田野演習林より採取した同一腐朽材(広葉樹)から分離した。TN4F 株は Potato Dextrose Agar 培地(以下 PDA 培地)上で 10 日間、25°C で前培養し実験に用いた。TN4W-19 株は PDA 培地上で 3 日間、25°C で画線培養したものを実験に用いた。

細菌培養液酢酸エチル抽出画分の調製と活性検定

PDA 培地で前培養した TN4W-19 株をディスプレイで掻き取り、50 mL の Potato Dextrose Broth 培地(以下 PDB 培地)に接種し、5 日間、暗所、120 rpm で振盪培養した。培養後の培養液を 4°C、10 分、7000 rpm で遠心分離し、細胞を除去し培養液の上清を得た。分液漏斗を用いて 40 mL の酢酸エチルで培養液を 2 回抽出した。この酢酸エチル抽出液をエバポレーターでおよそ 1 mL に濃縮したものを TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分とした。TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分に特異的な活性があるか、また後述する GC/MS 分析で特異的なピークを探索するために 2 種類のコントロールを用意した。培地由来化合物を除くためのコントロールとして PDB 培地酢酸エチル抽出画分を、また、細菌に共通する化合物を除くためのコントロールとして *Escherichia coli* JM109 株酢酸エチル抽出画分を同様の方法で調製した。

活性検定にはペーパーディスク法を採用した。抗生物質検定用ペーパーディスクをオートクレーブ滅菌し、50 µL の酢酸エチル抽出液を含浸させ、10 分間無菌的に放置し溶媒を揮発させた。抽出物を含むペーパーディスクをあらかじめ TN4F 株を接種した PDA 培地の接種点から 3 cm 離れた場所に設置した。抽出物方向(ペーパーディスク方向)とその逆方向への菌系伸長距離を 24 時間毎に計測し、菌系の平均伸長速度を求めることで、対象物の影響を確認した。

GC/MS 分析による活性画分特異的な化合物の探索と同定

TN4W-19 株培養液、*E. coli* 培養液、PDB 培地の酢酸エチル抽出画分およびメチル誘導体化した酢酸エチル抽出画分を GC/MS 分析に供した。クロマトグラムを比較することで TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分の特異的なピークを探索した。

(2) 白色腐朽菌と細菌との共培養による環境汚染物質分解能の向上

使用菌株と細菌による白色腐朽菌菌系伸長促進効果

白色腐朽菌 *Phlebia brevispora* TN3F 株と、同一腐朽材から分離した共存細菌から選抜した菌系伸長促進効果のある細菌株 *Pseudomonas* sp. TN3W-8 と *Enterobacter* sp. TN3W-14 を用いた。白色腐朽菌および細菌それぞれの共培養を PDA 培地上および PDB 培地中で共培養し、菌系の成長促進が起こるかを評価した。

白色腐朽菌と細菌の共培養による多環式芳香族化合物の分解

8 ml の PDB 培地を含む 100 ml 容の三角フラスコに予め PDA 培地で培養した白色腐朽菌 *P. brevispora* TN3F および TMIC33929 株の菌糸を接種した。同時に細菌株 *Pseudomonas* sp. TN3W-8 と *Enterobacter* sp. TN3W-14 をそれぞれ培養した PDB 培地、もしくは未接種の PDB 培地を 1 ml ずつ加え、最終容量を 10 ml とし、穏やかに振とう培養した。5 日間培養後（前培養）濃度を 5 mM となるように N,N-dimethylformamide に溶解した基質（pyrene, phenanthrene もしくは benzo(a)pyrene）を最終濃度 0.025 mM となるように培地に加え、引き続き振とう培養した。培養終了後、培地と等量の acetonitrile を加えたのち、HPLC で基質の濃度を測定し、分解率を測定した。

4. 研究成果

(1) 細菌が分泌する白色腐朽菌菌糸伸長促進物質の探索

細菌 TN4W-19 株が生産する化合物を抽出するため、この細菌の培養に最適な液体培地の選抜を行ったところ、TN4W-19 株は PDB 培地で最も旺盛な増殖を示した。対して、合成培地である MM + Glucose 培地や MM + Xylose 培地で TN4W-19 株は全く増殖しなかった。また R2A 培地においても TN4W-19 株の増殖は僅かであった。そのため PDB 培地で TN4W-19 株を培養し、その培養液からこの細菌が生産する化合物の抽出を行うこととした。

TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分を用いてペーパーディスク法により TN4F 株の菌糸伸長に対する促進活性を検定したところ、菌糸伸長促進活性が確認された（図 1）。この結果から TN4W-19 株が生産する化合物が TN4F 株の菌糸伸長を促進することが明らかになり、さらに化合物が培養液中の酢酸エチル抽出画分に存在することが示された。細菌の生産する揮発性の化合物が抗菌作用を示すという報告は多数あるが、白色腐朽菌の生長を促進したという報告は我々の知る限り無い。そのため、本研究で明らかとなった知見は極めて新規性が高いものであると考えられる。また PDB 培地酢酸エチル抽出画分および *E. coli* JM109 株とその酢酸エチル抽出画分には菌糸伸長促進活性が見られなかった。従って、この活性は、TN4W-19 株に特異的な化合物が関与していることが示唆された。

TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分に含まれる菌糸伸長促進化合物を明らかにするために、酢酸エチル抽出画分を GC/MS 分析に供し、クロマトグラムを比較すること TN4W-19 株に特異的な化合物を探索した。クロマトグラムを比較する事で、TN4W-19 株に特異的なピークが多数見出された。大腸菌由来の酢酸エチル抽出物のクロマトグラムでは、培地のみからの抽出物と大きく変わらなかった。一方で、TN4W-19 株のクロマトグラムは大腸菌と比較すると多くのピークが検出された。この結果は、細菌 TN4W-19 株が、多くの低分子化合物を細胞外に生産していることを示している。TN4W-19 株抽出物に特異的に検出されたピークのマスフラグメンテーションパターンを NIST ライブラリで検索すると、低分子の有機酸やベンゼン環を持った化合物などが複数推測された。その内、標準品を用いて同定することのできた化合物は光学異性体を含め 6 種類であった（図 2）。それぞれの化合物のリテンションタイムおよびマスフラグメンテーションパターンは標準品と一致した。

これら同定された化合物の標準品を用いて PDA 培地および素寒天培地上で活性検定を行った結果、いくつかの化合物において菌糸伸長の促進が確認された。結果から phenylacetaldehyde、delta-valerolactone、DL-4-hydroxyphenyllactic acid が菌糸伸長促進効果を持つ化合物ではないかと考えられた。Phenylacetaldehyde は PDA 培地上において、50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ と 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の濃度で菌糸伸長を有意に促進し、濃度が高くなるほど物質方向と逆方向の菌糸伸長速度の差が大きくなった。つまり、物質方向へ菌の生長を誘導した。素寒天培地においては 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ の濃度でコントロールに比べて有意な菌糸伸長促進が見られ、さらに化合物の濃度が増加するに従い菌全体の伸長速度が増加する傾向が見られた。phenylacetaldehyde は花の香りに含まれる成分として知られ、昆虫

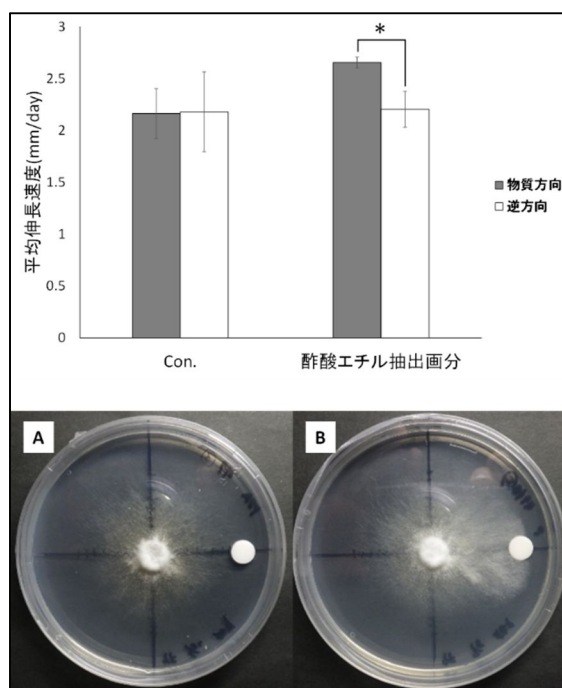


図 1 PDA 培地上で TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分と活性検定した時の TN4F 株菌糸の平均伸長速度(n=3 ; P<0.05)。A; 酢酸エチル(Control), B; TN4W-19 株酢酸エチル抽出画分

を誘引する作用が知られている。これらのことから phenylacetaldehyde は異種生物とのコミュニケーションを担う活性物質の1つであると考えられる。delta valerolactone は PDB 培地上で 0.1 mg/mL の濃度で有意に菌糸伸長を促進した。素寒天培地では有意な差ではないが同様の 0.1 mg/mL の濃度において化合物方向へ菌糸が生長する傾向が見られた。細菌類の細菌間コミュニケーションの研究分野において、ラクトン類はクオラムセンシングにおけるオートインデューサーとして働くことが知られている。これらのことから delta valerolactone も活性物質の1つであると考えられた。DL-4-hydroxyphenyllactic acid は PDA 培地上では 1 mg/mL、素寒天培地上では 0.01 mg/mL と 0.1 mg/mL の濃度でコントロールに比べて有意に菌糸伸長を促進し、さらに 0.1 mg/mL の濃度は逆方向と比べても菌糸伸長が有意に促進されたため、活性物質の1つと考えられた。しかし、4-hydroxyphenyllactic acid は糸状菌に対して抗菌活性を持つことも報告されており、その作用は糸状菌の種類によって異なると考えられた。これらの結果により、TN4W-19 株が生産する TN4F 株菌糸伸長促進物質の一部を明らかにすることができた。しかし今回の実験では、活性を示した化合物の濃度が実際の酢酸エチル抽出画分の濃度と量的に整合性が取れているかは確認できていない。また、酢酸エチル抽出画分に含まれる GC/MS で分析できないような極性の高い化合物の分析も行っていない。この2点に関して今後詳しく検討していく必要があると考えられる。

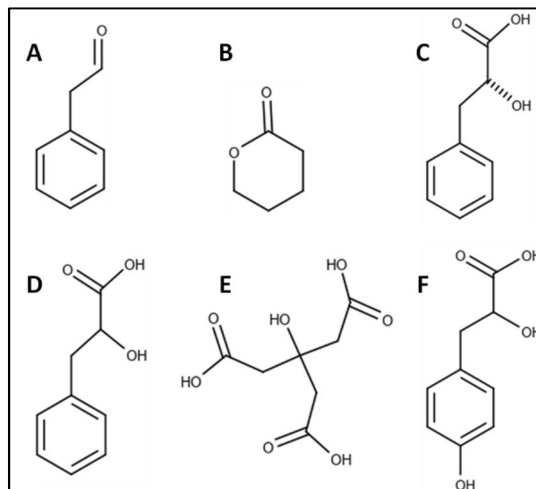


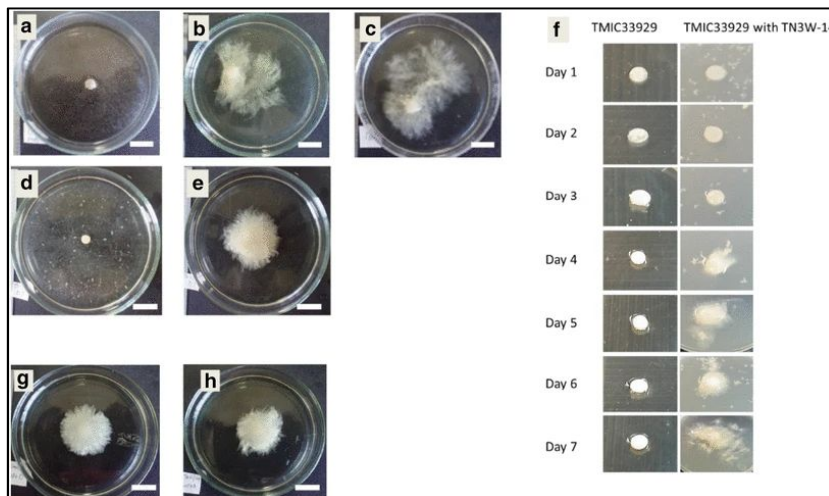
図2 同定された候補化合物の構造式
A; phenylacetaldehyde, B; delta valerolactone, C; D-3-phenyllactic acid, D; L-3-phenyllactic acid, E; citric acid, F; DL-4-hydroxyphenyllactic acid

(2) 白色腐朽菌と細菌との共培養による環境汚染物質分解能の向上

スギ腐朽材から白色腐朽菌の *Phlebia brevispora* TN3F 株と 27 の細菌株を分離し、PDA 培地上で対峙培養を行った。その結果、TN3W-8 および TN3W-14 の二つの細菌株が *P. brevispora* TN3F 株の菌糸伸長を促進することが明らかとなった。両細菌株の 16S rRNA 遺伝子配列を解読したところ、TN3W-8 および TN3W-14 株はそれぞれ *Pseudomonas* 属および *Enterobacter* 属細菌と高い相同性を示した。このように、寒天培地上で白色腐朽菌菌糸の成長を促進する細菌の報告は、筆者らの以前の報告以来 2 例目となる。

次に、培養法を変えて液体培養での共培養を試みた。PDB 培地に *P. brevispora* TN3F 株および採取地の異なる *P. brevispora* TMIC33929 株菌糸とそれぞれの細菌株を接種し、穏やかに振とう培養を行った。その結果、*P. brevispora* の 2 菌株のみを接種した場合は、顕著な菌糸の広がりは見られず、接種した菌糸片の周りに菌糸塊のような形態が観察された(図3 a,d)一方で、細菌株を接種した際には顕著な菌糸の広がりが観察された(図3 b,c,e)。このことから、本細菌による菌糸の成長促進は液体培地中でも観察されることが明らかとなった。この現象を一日おきに追跡したところ、細菌と共培養した *P. brevispora* 菌糸は、一旦形成した菌糸塊がほどけるように成長し、菌糸が広がっている現象が観察された。

図3 液体培地における細菌による白色腐朽菌の菌糸伸長促進効果
a, d; 菌糸のみ
b,c,e; 細菌共培養
f 右; 菌糸のみ
f 左; 細菌共培養



白色腐朽菌 *P. brevispora* はダイオキシンや PCB を含む多くの環境汚染物質分解能を持つ。本研究で、液体培地での細菌共培養により菌糸の伸長促進効果が見られたことから、有害汚染物質の分解促進も可能ではないかと考えた。そこで、多環式芳香族化合物である pyrene, phenanthrene および benzo(a)pyrene を環境汚染物質モデル基質として分解試験を行った。基質を培地に加えて 15 日間培養後のそれぞれの基質の回収率を図 4 に示す。芳香環 3 つの phenanthrene および芳香環 4 つの pyrene は *P. brevispora* により速やかな減少が観察され、benzo(a)pyrene もわずかに減少した。一方で、細菌と共培養した場合、*P. brevispora* 単独による処理よりも顕著な benzo(a)pyrene の減少が確認された。特にこの傾向は、白色腐朽菌 *P. brevispora* および細菌株 *Pseudomonas* sp. TN3W-8 と *Enterobacter* sp. TN3W-14 の三種を共培養した際に顕著であった。

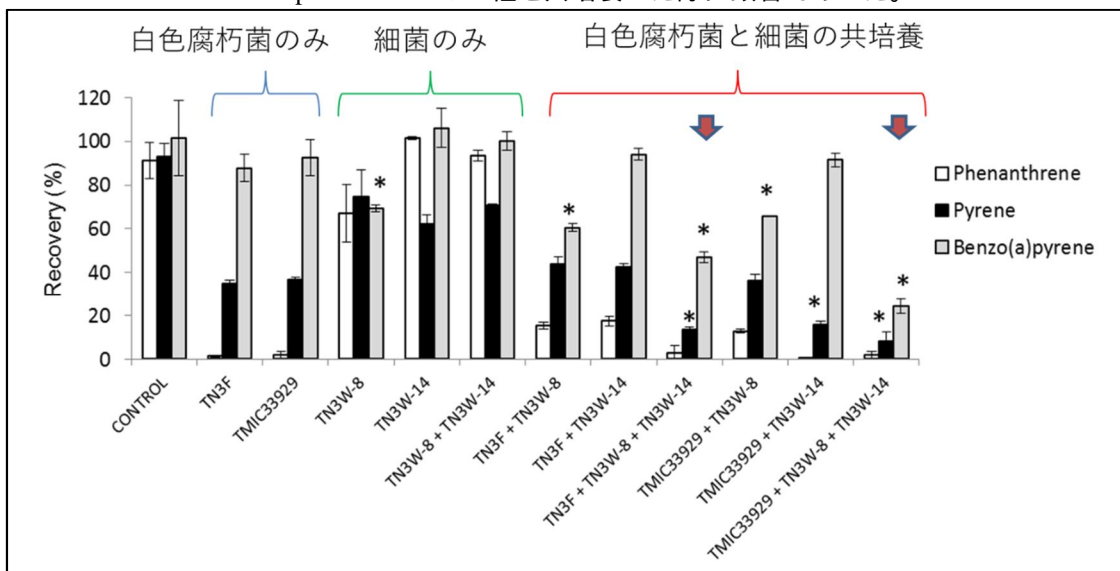


図 4 *P. brevispora* および共存細菌株との共培養による多環式芳香族化合物の分解

また、この時の菌糸重量を測定したところ、細菌共培養時には菌糸重量が優位に増加していることが明らかとなった(図 5)。以上のことから、白色腐朽菌 *P. brevispora* による多環式芳香族化合物の分解は、共存細菌との共培養により促進することが可能であり、共培養した細菌による白色腐朽菌の菌糸体量増加が要因の一つであると考えられた。

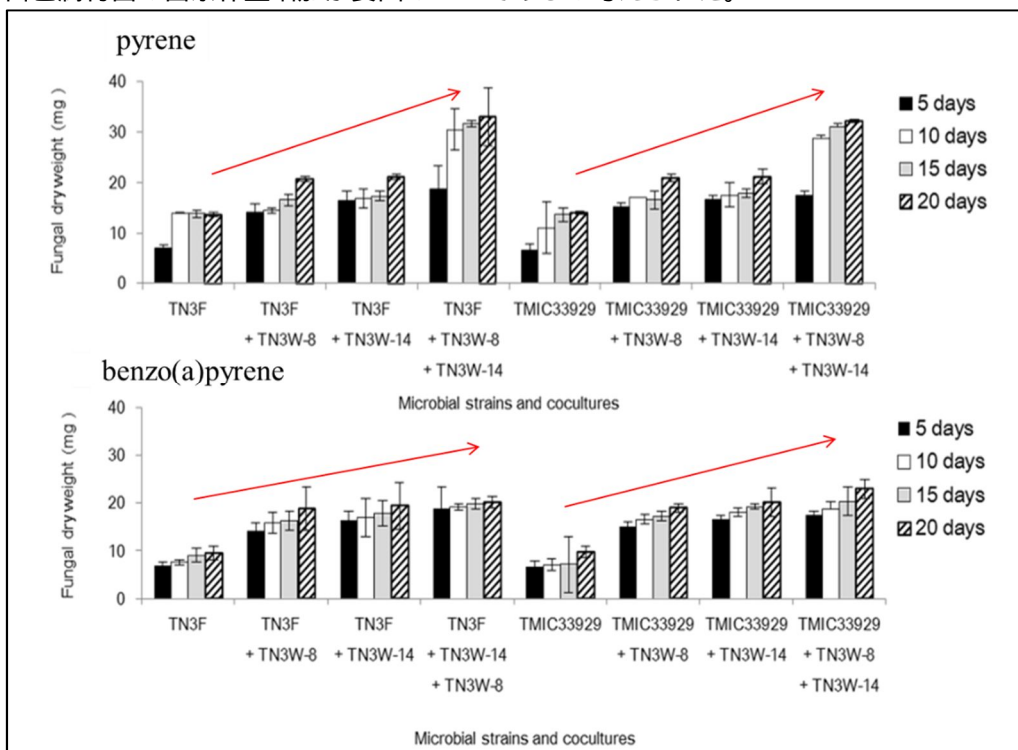


図 5 *P. brevispora* および共存細菌株との共培養時の菌糸体量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Rizqi Hamdan Dwi, Purnomo Adi Setyo, Kamei Ichiro	4. 巻 78
2. 論文標題 Interaction and Effects of Bacteria Addition on Dichlorodiphenyltrichloroethane Biodegradation by <i>Daedalea dickinsii</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Microbiology	6. 最初と最後の頁 668 ~ 678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00284-020-02305-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kamei Ichiro, Uchida Kana, Ardianti Virginia	4. 巻 192
2. 論文標題 Conservation of Xylose Fermentability in <i>Phlebia</i> Species and Direct Fermentation of Xylan by Selected Fungi	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Biochemistry and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 895 ~ 909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12010-020-03375-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tri Chu Luong, Kamei Ichiro	4. 巻 305
2. 論文標題 Butanol production from cellulosic material by anaerobic co-culture of white-rot fungus <i>Phlebia</i> and bacterium <i>Clostridium</i> in consolidated bioprocessing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 123065 ~ 123065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2020.123065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Purnomo Adi Setyo, Sariwati Atmira, Kamei Ichiro	4. 巻 6
2. 論文標題 Synergistic interaction of a consortium of the brown-rot fungus <i>Fomitopsis pinicola</i> and the bacterium <i>Ralstonia pickettii</i> for DDT biodegradation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e04027 ~ e04027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2020.e04027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 亀井一郎	4. 巻 59
2. 論文標題 微生物反応のみでバイオマス変換を完結する	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 137~143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Purnomo Adi Setyo, Maulianawati Diana, Kamei Ichiro	4. 巻 29
2. 論文標題 Ralstonia pickettii enhance the DDT biodegradation by Pleurotus eryngii	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1424 ~ 1433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4014/jmb.1906.06030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harry-Asobara Joy L, Kamei Ichiro	4. 巻 29
2. 論文標題 Indirect Bacterial Effect Enhanced Less Recovery of Neonicotinoids by Improved Activities of White-Rot Fungus Phlebia brevispora	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 809 ~ 812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4014/jmb.1809.09051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Harry-asobara Joy L., Kamei Ichiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Growth management of white-rot fungus Phlebia brevispora improved degradation of high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 3 Biotech	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13205-019-1932-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Harry-asobara Joy L., Kamei Ichiro	4. 巻 189
2. 論文標題 Characteristics of White-rot Fungus <i>Phlebia brevispora</i> TMIC33929 and Its Growth-Promoting Bacterium <i>Enterobacter</i> sp. TN3W-14 in the Decolorization of Dye-Contaminated Water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Biochemistry and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1183 ~ 1194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12010-019-03062-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tri Chu Luong, Kamei Ichiro	4. 巻 305
2. 論文標題 Butanol production from cellulosic material by anaerobic co-culture of white-rot fungus <i>Phlebia</i> and bacterium <i>Clostridium</i> in consolidated bioprocessing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 123065 ~ 123065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2020.123065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Harry-asobara Joy L., Kamei Ichiro	4. 巻 64
2. 論文標題 Bacterial strains isolated from cedar wood improve the mycelial growth and morphology of white rot fungus <i>Phlebia brevispora</i> on agar and liquid medium	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Wood Science	6. 最初と最後の頁 444 ~ 450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10086-018-1723-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Adi Setyo Purnomo, Hamdan Dwi Rizqi, Sri Fatmawati, Herdayanto Sulistryo Putro and Ichiro Kamei	4. 巻 22
2. 論文標題 Effects of bacterium <i>Ralstonia pickettii</i> addition on DDT biodegradation by <i>Daedalea dickinsii</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Research Journal of Chemistry and Environment	6. 最初と最後の頁 151-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Harry-asobara Joy L, Kamei Ichiro	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Indirect bacterial effect enhanced less recovery of neonicotinoids by improved activities of white-rot fungus <i>Phlebia brevispora</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4014/jmb.1809.09051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Taichi Motoda, Megumi Yamaguchi, Taku Tsuyama, Ichiro Kamei	4. 巻 127
2. 論文標題 The improvement of sodium hydroxide pretreatment in bioethanol production from Japanese bamboo <i>Phyllostachys edulis</i> using the white rot fungus <i>Phlebia</i> sp. MG-60	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 66-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2018.06.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chu Luong Tri, Le Duy Khuong, Ichiro Kamei	4. 巻 133
2. 論文標題 The improvement of sodium hydroxide pretreatment in bioethanol production from Japanese bamboo <i>Phyllostachys edulis</i> using the white rot fungus <i>Phlebia</i> sp. MG-60	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Biodeterioration & Biodegradation	6. 最初と最後の頁 86-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ibiod.2018.06.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 3件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 下川 洋太, 亀井 一郎
2. 発表標題 白色腐朽菌 <i>Phlebia brevispora</i> と共存細菌 <i>Enterobacter</i> sp. との接触が 誘導する菌糸伸長促進効果と細菌の移動
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田 健吾, 菅本 和寛, 亀井 一郎
2. 発表標題 木材蒸気式乾燥廃液からのセクイリン C およびアガサレジノールの回収
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 元田 多一, 亀井 一郎
2. 発表標題 耐塩性白色腐朽菌 <i>Phlebia</i> sp. MG-60 株の塩ストレス応答時における MAP キナーゼ HOG1 の役割
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 FU-CHIA CHEN, Ichiro Kamei
2. 発表標題 Diversity of bacterial communities on maitake cultivated log
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀井一郎
2. 発表標題 白色腐朽菌の新機能探索 - 代謝変化と複合微生物による新展開 -
3. 学会等名 木質科学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中磨怜那、原田栄津子、亀井一郎
2. 発表標題 Grifola gargal におけるベンズアルデヒド生合成経路の解明に向けたトレーサー実験
3. 学会等名 第26回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小関直人、亀井一郎
2. 発表標題 共存細菌 <i>Curtobacterium</i> sp. TN4W-19 株が生産する、 <i>Stereum</i> 属白色腐朽菌の菌糸伸長促進物質の解明
3. 学会等名 第26回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村駿介、Chu Luong Tri、亀井一郎
2. 発表標題 エタノール発酵性担子菌 <i>Phlebia</i> sp. MG-60 P2 株と ABE 発酵性細菌 <i>Clostridium saccharoperbutylacetonicum</i> NBRC109357 株との共培養
3. 学会等名 第26回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chu Luong Tri, Ichiro Kamei
2. 発表標題 Direct bio-butanol production from lignocellulosic material by the co-cultivation of white rot fungus and bacterium
3. 学会等名 1st International Lignin Symposium in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taichi Motoda, Ichiro Kamei
2. 発表標題 Down-regulation of pyruvate decarboxylase gene of white-rot fungus <i>Phlebia</i> sp. MG-60 modify the productivity of extracellular peroxidase activity
3. 学会等名 1st International Lignin Symposium in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chu Luong Tri, Ichiro Kamei
2. 発表標題 Direct bio-butanol production from lignocellulosic material by the co-cultivation of white rot fungus and bacterium
3. 学会等名 The 14th Asian Biohydrogen, Biorefinery and Bioprocess Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下川洋太、亀井一郎
2. 発表標題 <i>Phlebia</i> 属担子菌と共存細菌 <i>Enterobacter</i> sp. TN3W-14との接触が誘導する菌糸伸長促進効果と細菌の移動
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村駿介、Chu Luong Tri, 亀井一郎
2. 発表標題 エタノール発酵性担子菌 <i>Phlebia</i> sp. MG-60とABE発酵性細菌 <i>Clostridium saccharoperbutylacetonicum</i> NBRC109357株の共培養によるコナラ木粉の直接ブタノール発酵
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小関 直人, 亀井 一郎
2. 発表標題 共存細菌Curtobacterium sp. TN4W-19株が生産する、白色腐朽菌Stereum sp. TN4F株の菌糸伸長促進物質の探索
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤 優美子, 元田 多一, 津山 濯, 雉子谷 佳男, 亀井 一郎
2. 発表標題 白色腐朽菌のエタノール発酵能抑制がもたらす木材腐朽度の低下及び腐朽材組織観察
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 元田 多一, 亀井 一郎
2. 発表標題 水分環境の変化が白色腐朽菌Phlebia sp. MG-60株の木質分解関連遺伝子および浸透圧調節関連遺伝子の発現に与える影響
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富高 奈南, 山崎 有美, 亀井 一郎
2. 発表標題 耐塩性白色腐朽菌Phlebia sp. Strain MG-60が生産するManganese peroxidaseの特性比較
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚晃生、津山濯、亀井一郎
2. 発表標題 木材腐朽時に白色腐朽菌カワラタケが分泌する細胞外小胞の分画と酵素活性
3. 学会等名 第25回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤優美子、元田多一、亀井一郎
2. 発表標題 白色腐朽菌Phlebia sp. MG-60 P2株のエタノール発酵能抑制が木片腐朽に与える影響
3. 学会等名 第25回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下川洋太、亀井一郎
2. 発表標題 Phlebia属担子菌と共生細菌Enterobacter sp. TN3W-14との接触による菌糸伸長促進効果と細菌の移動
3. 学会等名 第25回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小関直人、亀井一郎
2. 発表標題 木材の主成分及びコナラ (Quercus serrata) の抽出成分が白色腐朽菌Stereum sp. TN4F株の菌糸伸長に与える影響
3. 学会等名 第25回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 溝口佑真、亀井一郎
2. 発表標題 単糖蓄積性白色腐朽菌と ABE 発酵性細菌の共培養によるセルロースの直接ブタノール発酵
3. 学会等名 第25回日本木材学会九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀井一郎
2. 発表標題 POPs分解性菌類とその分解代謝経路
3. 学会等名 第36回農薬環境科学研究会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichiro Kamei, Taichi Motoda, Taku Tsuyama
2. 発表標題 Molecular breeding of white rot fungus <i>Phlebia</i> sp. MG-60 to convert lignocellulose materials
3. 学会等名 Lignobiotech 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taichi Motoda, Ichiro Kamei
2. 発表標題 Cloning and expression analysis of aquaporins in white-rot fungus <i>Phlebia</i> sp. MG-60
3. 学会等名 International Seminar on Chemistry 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichiro Kamei
2. 発表標題 Integrated fungal fermentation for the conversion of woody biomass by the multifunctional fungus
3. 学会等名 International Seminar on Chemistry 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Virginia Ardianti, Kana Uchida, Ichiro Kamei
2. 発表標題 The effect of different xylan in the ethanol production by the white-rot fungi Phlebia genera species
3. 学会等名 International Seminar on Chemistry 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Ichiro Kamei	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 25
3. 書名 Fungi in fuel biotechnology (Chapter 6 Wood-Rotting Fungi for Biofuel Production)	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 発光きのこおよび発光菌系体の栽培方法	発明者 亀井一郎、原田栄津子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-153252	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 木材乾燥廃液から得られる金属補給体並びに木材乾燥廃液の脱色方法及び木材心材成分の回収方法	発明者 亀井一郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-146938	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

森林緑地研究の最前線
<http://www.miyazaki-u.ac.jp/green/member/kamei.pdf>
 農学図鑑
<http://www.miyazaki-u.ac.jp/agr/books/post-27.html>
 森林バイオマス科学研究室
<https://www.cc.miyazaki-u.ac.jp/kamei/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
インドネシア	Department of Chemistry	Faculty of Science	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	
ベトナム	Faculty of Environment	Ha Long University		