

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03781

研究課題名(和文) 汚染土壌由来の有害化合物分解コンソーシアム：分解菌に対する共存非分解菌の役割

研究課題名(英文) Soil-derived bacterial consortium capable of degrading chemical pollutant:
interaction between pollutant-degrader and co-residing non-degraders

研究代表者

津田 雅孝 (Tsuda, Masataka)

東北大学・生命科学研究科・教授

研究者番号：90172022

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：特定細菌群は代表的有害化学物質であるフェナントレンの分解能を有するにもかかわらず、本化合物により大幅な生育阻害を受けること、そして、この阻害は分解能のない様々な異種細菌株の共存により大幅に解消されることを本研究開始前に見出していた。本研究では、上記の生育阻害と共存異種細菌株による阻害緩和の両現象に関して、遺伝学やゲノム科学の観点を含む多角的で詳細な解析により、両現象を各々支配する機構と新規性を備えた異種微生物間相互作用を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非分解菌株共存による分解菌株生育阻害の大幅な緩和現象発揮には前者細菌株生細胞の高密度での存在が必要であるという成果は、生育阻害緩和に特定生物機能が必要という既知研究成果では見られなかった新規性を備える点で学術的意義がある。一方、実環境は複合細菌系であることから、様々な有害化学物質で汚染された環境の効率的浄化実施に際しての基盤知見を本研究成果は提供できる社会的意義を有する。

研究成果の概要(英文)：Our previous study has indicated that (i) growth of some environmental bacterial strains capable of degrading phenanthrene (a representative chemical pollutant) is drastically inhibited by this compound, and (ii) such inhibition is significantly suppressed by the co-residence of various phenanthrene-non-degrading bacterial strains. Our present comprehensive analysis of such growth inhibition and its suppression phenomena revealed their details and the mechanisms that govern each phenomenon, consequently providing a novel type of interaction between different bacterial species.

研究分野：環境微生物学

キーワード：汚染土壌浄化 有害化合物 細菌 遺伝子 微生物間相互作用

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

各種有害化合物で汚染された土壌の浄化には環境棲息細菌が極めて重要な役割を果たすことから、様々な有害化合物の完全分解細菌株の解析がなされ、数々の学術的知見が提示されてきた。一方、複合生物系である実汚染土壌においては、実験室系では分解能が低い細菌株や当該土壌の細菌叢で優占化していない「予想外」細菌株による分解や異種の複数細菌株で構成される集団による協調的分解が示唆されている。しかし、これら現象の詳細な実体とその機構は不明のままで、複合細菌集団系による実汚染土壌の効率的浄化には、集団内での分解細菌株の分解能発揮と共存する非分解細菌株の汚染化合物分解への役割の提示、そして、これらの機構解明が必要である。我々は、多環芳香族化合物(polycyclic aromatic hydrocarbon, PAH)であるフェナントレン(PHN)で人工的に汚染した土壌での本化合物の微生物分解の研究において、PHN含有最小固体培地を用いてPHNを分解可能な単集落を複数単離したが、1集落は、その中で少数派であったPHN完全分解 *Mycobacterium* 属 EPa45 株と非分解の4属細菌株から構成されるコンソーシアム(MixEPa4と命名)だった。そして、EPa45株はPHN存在下で顕著な生育阻害(Growth Inhibition, GI)をうけること、また、本GI現象はMixEPa4構成株でPHN非分解の *Burkholderia* 属 Bers1W株や他株の共存時に大幅に緩和(Suppression of GI, SGI)されることを見出した。EPa45株のGI現象は炭素源として可能な他のPAHであるナフタレンやビフェニルでも認められること、さらに、EPa45株以外のPHN分解 *Mycobacterium* 属細菌株もPHNによるGI現象を備えることを示した。一方、EPa45株に対するBers1W株のSGI現象発揮には後者株生細胞の前者株細胞との直接的接触が必要であること、そして、MixEPa4に由来しない広範な *Burkholderia* 属細菌株や大腸菌のSGI現象発揮能も提示していた。

2. 研究の目的

上記のような研究開始当初の背景を踏まえ、本研究では、以下の点の解明を目的とした。

(1) *Mycobacterium* 属 EPa45 株の PHN による GI 現象を更に詳細に提示し、本現象の分子機構を遺伝子レベルをも含めて明らかにすることを第1の目的とした。具体的には、① PHN含有液体培地を用いてPHN分解時におけるEPa45株の生存・増殖、そして本株のゲノムレベルでの転写変動と本株でのPHN分解経路を明示すること、② 特定のPHN分解酵素遺伝子の破壊変異株を作製し、当該株のPHN分解中間産物によるGI現象の有無を提示すること、③ PHN分解に関わる各酵素遺伝子の発現制御を提示すること、そして、④ PHNによるGI現象を受けなくなったEPa45株突然変異体の取得・解析であった。

(2) *Mycobacterium* 属 EPa45 株の PHN による GI 現象を緩和する SGI 現象に関して更に詳細に提示し、本現象の分子機構を遺伝子レベルをも含めて明らかにすることを第2の目的とした。具体的には、① PHN含有最小固体培地での各種PHN非分解菌株のコロニー形成能と共存するEPa45株に対するSGI現象発揮能の関連性の検討、② SGI現象発揮可能なPHN非分解菌株からのSGI現象消失・大幅減少突然変異体の選択と解析、そして、③ EPa45株とSGI現象発揮可能なPHN非分解菌株のPHN含有最小固体培地での共存時における両株のゲノムレベルでの転写変動解析によるSGI現象発揮に関与する後者株遺伝子の検索・解析であった。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、我々自身が本研究前に土壌から単離した菌株並びに10年以上前から保存していた菌株やベクタープラスミド、DNAを使用した。大腸菌 Keio collection は国立遺伝学研究所から入手した。

(2) 低濃度のPHNを添加した栄養液体培地でのEPa45株の生育は分光光度計を用いた濁度と培養液1ml当たりのコロニー形成数の経時的計測で検討した。培養した細胞の生死と細胞表層損傷はLIVE/DEADキットと蛍光顕微鏡の組み合わせで検討し、培養液中のPHNとその分解中間産物の残存量はGC-MSを用いて計測した。

(3) 分解菌株のPHN存在下での生育阻害現象、そして、非分解菌株共存条件での分解菌株生育阻害の緩和現象は、分解菌株試料のみ、非分解菌株試料のみ、そして、両株を任意の濃度で混合した試料に関して、PHN添加と非添加の最小寒天培地で10日間培養後の各菌株のコロニー形成数を実体顕微鏡で測定することにより定量化した。

(4) 使用菌株からのDNA試料やRNA試料の精製、並びに、これら試料を用いた解析や遺伝子操作、そしてRNA-seq法やqRT-PCR法による転写量解析などは常法に従った。なお、RNA-seq解析におけるcDNA塩基配列の解読等はIllumina社HiSeqシステムを用いて実施した。特定遺伝子やトランスポゾン(Tn)のEPa45株ゲノムへの効率的導入手法は我々が本研究開始前後に確立したが、これら手法を用いてEPa45株での座位特異的突然変異体取得ならびTn挿入突然体ライブラリー構築を実施した。ゲノム上でのTn挿入部位は我々が過去に確立した手順に基づき、サンガー法で決定した。

4. 研究成果

(1) *Mycobacterium* 属 EPa45 株のフェナントレンによる GI 現象の解析

PHNによるEPa45株のGI現象を規定する分子機構の解明には、本株のPHN分解経路・分解酵素群・分解遺伝子群の明示と当該遺伝子群の発現制御の基本的知見が必須なこと、さらに、GI現象に直接的又は間接的に関与する遺伝子の同定・解析が必要なことを踏まえ、以下のような研

究を実施した。

① PHN 存在下における EPa45 株ゲノムの転写変動

PHN による EPa45 株の GI 現象が比較的弱い濃度の PHN を添加した液体栄養培地を用いて本株の生育を検討したところ、本株の PHN 分解時においては、生細胞数の増加阻害と生細胞の表層膜構造のダメージが判明した。このような GI 現象出現条件下での EPa45 株の RNA-seq 解析により、培地への PHN 添加は約 140 と 70 強の遺伝子の転写を 4 倍以上レベルで各々増大と減少をもたらした。転写増大遺伝子群の約半数は 74 kb のゲノム DNA 領域に集中し、本領域には PHN 分解に直接関与する酵素遺伝子群、そして、細胞外遊離鉄の獲得・代謝に関与する多数の遺伝子が存在し、複数の当該遺伝子群については実際の転写増大を qRT-PCR 解析で確認した。このような転写解析により、(A) EPa45 株ゲノム配列情報から推定していた PHN 分解経路[PHN から 1-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸(1H2NA)、フタル酸(PHT)、そして、プロトカテキユ酸(PCT)を経由する経路]を明示でき、(B) 8 クラスターから構成される PHN 分解酵素遺伝子群のうちの 6 オペロンが PHN 存在下で転写誘導されることが判明した。なお、PHN 分解酵素群にはその活性発揮に補因子として鉄硫黄クラスターを必要とする酵素が多く、大量に産生された当該酵素群への鉄硫黄クラスターの取り込み量増大の結果として細胞内遊離鉄が欠乏し、これに伴い細胞内に外部鉄を取り込むための遺伝子群の転写が増大したと推定された。一方、転写減少した遺伝子はゲノム上で散在していた。

② PHN 分解中間産物による GI 現象

上記のように EPa45 株における PHN の分解経路を明示できたことから、PHN 分解中間産物による EPa45 株の GI 現象を検討した。その結果、1H2NA も GI 現象を示した一方で、PHT は効果を示さなかった。また、1H2NA の分解酵素遺伝子 *phdI* を破壊した EPa45 株誘導体は親株より強力な GI 現象を示したことから、PHN 自体か PHN から 1H2NA までの分解中間産物、あるいはその誘導体が GI 現象に関与すると結論した。

③ PHN 分解酵素遺伝子群の転写制御

Mycobacterium 属細菌の PAH 分解遺伝子群に関して、本属背景下での発現制御機構の研究は世界的に皆無だったことを踏まえ、EPa45 株の PHN 分解酵素遺伝子群の転写制御を我々自身が構築した遺伝学的解析系で検討した。本株の PHT 酸分解(*phI*)オペロンのみの転写制御遺伝子と推定していた *phR* の破壊株を用いた解析から、PhrR は *phI* オペロン転写促進のみならず、PHN から PHT までの分解に必要な他 3 オペロンの転写促進に必要という特色を備えた新規知見を得た。

④ PHN による GI 現象をうけない EPa45 株突然変異体の単離と解析

EPa45 株の PHN 含有最小固体培地でのコロニー形成数は PHN 非含有最小固体培地での形成数の 1/1,000 である。EPa45 株の約 5,700 から成る Tn 挿入突然体ライブラリーを構築し、PHN に対しての GI 現象が大幅に緩和された表現型を示す変異株をスクリーニングした。その結果、GI 現象消失変異株を独立に 5 株取得でき、そのうちの 4 株では細胞膜局在性だが異なるタンパク質をコードする遺伝子に Tn が挿入されていた。この中の 1 株では細胞の伸長が観察され、別株では Tn が脂質等の疎水性物質の取り込みに関わるトランスポーターを支配すると推定された遺伝子に存在した。以上のような GI 現象消失変異株の解析により、PHN 耐性と特定膜タンパク質の関連性が示唆され、変異株においては、細胞膜局在性タンパク質変異による PHN の細胞外排出亢進または細胞表層安定性の増強の結果としての PHN 耐性能上昇が推定された。

以上の研究から、EPa45 株の PHN による GI 現象は、PHN またはその分解初期段階中間産物による細胞表層破壊または細胞毒性による細胞死のいずれかに起因することが判明した。これら機構の妥当性の詳細な検討は今後の研究課題である。

(2) フェナントレン非分解細菌株による SGI 現象の解析

PHN による EPa45 株の GI 現象を大幅に緩和可能な細菌株を用いて SGI 現象の更なる解析とその機構解明をめざした。このために、以下のような研究を実施した。

① PHN 非分解の共存菌株の SGI 現象発揮の定量化

最小固体培地使用時における EPa45 株の PHN による GI 現象は、MixEPa4 由来で PHN 非分解の複数細菌株や MixEPa4 に由来しない PHN 非分解の複数 *Burkholderia* 属株、そして大腸菌の共存により緩和(SGI 現象)され、SGI 現象発揮の強度は非 PHN 分解菌株ごとで異なることを本研究開始以前に見出していた。今回、PHN 非分解菌株を PHN 含有最小固体培地で長期間(約 10 日間)培養したところ、これら株は当該培地で極小コロニーを形成できることを新たに見出した。本コロニー形成能は最小固体培地の固化に使用した精製寒天にごく微量に存在する未同定の炭素・エネルギー源に起因した。続いて、EPa45 株と進化系統的に多様な数多くの PHN 非分解菌株を用いて各非分解菌株のコロニー形成能(形成された非分解菌株コロニー数で評価)と SGI 現象発揮能(形成された EPa45 株コロニー数で評価)を検討したところ、両者の能力間での強い正の相関性が認められた。すなわち、使用培地での非分解菌株コロニー形成能が SGI 現象能発揮に重要であり、非分解菌株間での SGI 現象発揮強度の比較を定量化可能なことが判明した。この類の更なる解析により、MixEPa4 由来の *Burkholderia* 属 Bcrs1W 株と同程度に強力な SGI 現象発揮能を、我々が長年にわたり多面的な遺伝学的解析を推進してきた *B. multivorans* ATCC 17616 や大腸菌 K-12 が備えることを見出した。

② SGI 現象発揮消失・減少突然変異体の同定と解析

大腸菌 K-12 株の破壊可能な約 3,900 遺伝子が各々欠失した Keio collection を用いて、EPa45 株で見られた GI 現象に対して SGI 現象発揮強度が消失又は著しく低下した大腸菌変異株のスクリーニングを行い、当該変異株を 100 程選択した。これらの全ては PHN 含有最小固体培地での微小コロニー形成能も著しく低下しており、その変異の 9 割はアミノ酸・核酸塩基・ビタミンなどの生合成系遺伝子やその発現制御遺伝子、残りは金属イオン取り込み系や DNA の複製・組換え・修復系の遺伝子に存在していた。同様の SGI 現象発揮様式は *B. multivorans* ATCC 17616 とその栄養要求性変異株の比較でも該当した。ただ、これらの K-12 株や ATCC 17616 株に由来した変異株は、各株細胞を高密度で EPa45 株と共存させた場合において、その SGI 現象強度を大幅に回復させた。このような解析結果を総合すると、PHN 非分解細菌株の SGI 現象発揮には、当該菌株の特定の未同定機能よりも、一定密度以上存在する非分解細菌株の PHN 含有最小固体培地での生育能自体が必要であると強く示唆された。

③ EPa45 株と PHN 非分解菌株の共存時における両株遺伝子の転写変動の解析

EPa45 株の PHN による GI 現象に対する PHN 非分解菌株 SGI 現象の分子機構解明の手がかりのひとつとして、両株共存時のゲノムレベルでの遺伝子転写変動の検討が有効と考えられた。そこで、EPa45 株と上記の *B. multivorans* ATCC 17616 株の組み合わせを採用し、PHN 添加と非添加の最小固体培地で各株単独または両株共存で培養したときの RNA-seq 解析を実施した。両株共存で PHN 存在時に特異的に転写増大していた遺伝子として、EPa45 株では細胞の酸素ストレス耐性を賦与するタンパク質 RdhA の遺伝子、ATCC 17616 株では PHT を PCT 経路で分解に関わる遺伝子群が該当した。この結果から、EPa45 株の活性酸素種によるストレスを ATCC 17616 株が未知機構で誘導した可能性、そして、EPa45 株の PHN 分解経路で分解が順調に進行しないために細胞内に蓄積した PHT 以前の間産物の毒性を ATCC 17616 株が何らかの機構で除去した結果として ATCC 17616 株の SGI 現象が発揮された可能性が推測された。

以上の PHN 非分解菌株の解析で、進化系統的に多種多様な PHN 非分解株生細胞がその高密度生存条件下で強い SGI 現象を発揮することが判明し、本効果発揮への PHN 非分解株の特定生物機能の関与が低いと強く推定された。この推定は、生育阻害の緩和に特定生物機能を必要という他の既知研究成果では見られない点で新規性を備えており、優れた学術的意義がある。また、多様な PAHs に対する分解能を有するがこれら化合物やその分解中間産物で生育阻害を受ける *Mycobacterium* 属のような細菌株が複合細菌集団系である土壌で PAH 分解に重要な役割を果たしているのは、バイオフィーム等の形により高密度で共存する多様な非分解細菌株の存在そのものが寄与していると推定された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Kishida Kouhei, Ogawa Natsumi, Ichihashi Eikichi, Kato Hiromi, Nagata Yuji, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 巻 82
2. 論文標題 Establishment of plasmid vector and allelic exchange mutagenesis systems in a mycobacterial strain that is able to degrade polycyclic aromatic hydrocarbon	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1169 ~ 1171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2018.1445522	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 加藤広海、小川なつみ、津田雅孝、永田祐二	4. 巻 18
2. 論文標題 汚染物質分解コンソーシアムにおけるキープレイヤーとオーディエンス	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Biotechnology	6. 最初と最後の頁 15-20
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 Ohtsubo Yoshiyuki, Sasaki Haruna, Nagata Yuji, Tsuda Masataka	4. 巻 25
2. 論文標題 Optimization of single strand DNA incorporation reaction by Moloney murine leukaemia virus reverse transcriptase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 DNA Research	6. 最初と最後の頁 477 ~ 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/dnares/dsy018	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 Vejarano Felipe, Suzuki-Minakuchi Chiho, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka, Okada Kazunori, Nojiri Hideaki	4. 巻 7
2. 論文標題 Complete genome sequence of the marine carbazole-degrading bacterium Erythrobacter sp. strain KY5	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 e00935-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.00935-18	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 Mpofu Enock, Vejarano Felipe, Suzuki-Minakuchi Chiho, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka, Chakraborty Joydeep, Nakajima Masatoshi, Okada Kazunori, Tada Nobuki, Kimura Toshiaki, Nojiri Hideaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Complete genome sequence of <i>Bacillus licheniformis</i> TAB7, a compost-deodorizing strain with potential for plant growth promotion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 e01659-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.01659-18	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 Devanadera Allan, Vejarano Felipe, Zhai Yu, Suzuki-Minakuchi Chiho, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka, Kasai Yuki, Takahata Yoh, Okada Kazunori, Nojiri Hideaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Complete genome sequence of an anaerobic benzene-degrading bacterium, <i>Azoarcus</i> sp. strain DN11	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 e01699-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.01699-18	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 加藤広海、津田雅孝	4. 巻 68
2. 論文標題 土壌細菌叢メタゲノムの時間的変動	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 生体の科学	6. 最初と最後の頁 160-164
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 加藤広海、津田雅孝	4. 巻 55
2. 論文標題 土壌細菌叢の化学的攪乱に対するロバスト性 - 経時的な土壌メタゲノム解析からみえてきたこと	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 446-467
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohtsubo Yoshiyuki, Nagata Yuji, Tsuda Masataka	4. 巻 7
2. 論文標題 Compounds that enhance the tailing activity of Moloney murine leukemia virus reverse transcriptase	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 6520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-04765-8	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 Sato Takuya, Nonoyama Shouta, Kimura Akane, Nagata Yuji, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 巻 83
2. 論文標題 The small protein HemP is a transcriptional activator for the heme uptake operon in <i>Burkholderia multivorans</i> ATCC 17616	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied and Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 e00479-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/aem.00479-17	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 Ogawa Natsumi, Kato Hiromi, Kishida Kouhei, Ichihashi Eikichi, Ishige Taichiro, Yoshikawa Hirofumi, Nagata Yuji, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 巻 165
2. 論文標題 Suppression of substrate inhibition in phenanthrene-degrading <i>Mycobacterium</i> by co-cultivation with a non-degrading <i>Burkholderia</i> strain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microbiology	6. 最初と最後の頁 625 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1099/mic.0.000801	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 Nagata Yuji, Kato Hiromi, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 巻 11
2. 論文標題 Lessons from the genomes of lindane degrading sphingomonads	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Microbiology Reports	6. 最初と最後の頁 630 ~ 644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1758-2229.12762	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 Kishida Kouhei, Nonoyama Shouta, Lukas Tim, Kawahara Shotaro, Kudo Koji, Nagata Yuji, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 巻 85
2. 論文標題 Conjugative transfer of IncP-9 catabolic plasmids requires a previously uncharacterized gene, mpfK, whose homologs are conserved in various MPFT-type plasmids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied and Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 e01850-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/AEM.01850-19	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 Ohtsubo Yoshiyuki, Sakai Keiichiro, Nagata Yuji, Tsuda Masataka	4. 巻 2
2. 論文標題 Properties and efficient scrap-and-build repairing of mechanically sheared 3' DNA ends	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-019-0660-7	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 Inaba Shinnosuke, Sakai Hironori, Kato Hiromi, Horiuchi Takayuki, Yano Hirokazu, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka, Nagata Yuji	4. 巻 167
2. 論文標題 Expression of an alcohol dehydrogenase gene in a heterotrophic bacterium induces carbon dioxide-dependent high-yield growth under oligotrophic conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microbiology	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) 10.1099/mic.0.000908	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 Miyakoshi Masatoshi, Ohtsubo Yoshiyuki, Nagata Yuji, Tsuda Masataka	4. 巻 11
2. 論文標題 Transcriptome analysis of zygotic induction during conjugative transfer of plasmid RP4	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2020.01125	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 -

〔学会発表〕 計39件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 加藤広海、森宙史、黒川顕、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 土壌細菌叢の形成プロセスにおける再現性
3. 学会等名 日本微生物生態学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲葉慎之介、加藤広海、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 従属栄養性土壌細菌の超貧栄養環境に対する適応機構
3. 学会等名 日本微生物生態学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masataka Tsuda、Kouhei Kishida
2. 発表標題 IncP-9 catabolic plasmids from Pseudomonas
3. 学会等名 Plasmid Biology 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kouhei Kishida、Nonoyama Shouta、Nagata Yuji、Ohtsubo Yoshiyuki、Masataka Tsuda
2. 発表標題 Identification and characterization of a novel gene essential for conjugative transfer of naphthalene-catabolic plasmid NAH7
3. 学会等名 Plasmid Biology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津田雅孝
2. 発表標題 土壌細菌における遺伝子水平伝播
3. 学会等名 国立遺伝学研究所研究会「自然界の生物種間における遺伝情報の多様性をもたらす”DNA水平伝播”の解析と活用法」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田康平、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 プラスミドベクターpBBR1MCSの宿主域に関する研究
3. 学会等名 第13回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久土晃二、岸田康平、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 ナフタレン分解プラスミドNAH7の分配系が関与する接合伝達頻度上昇
3. 学会等名 第13回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀川慧太、池内倫子、小川なつみ、加藤広海、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 フェナントレン分解細菌Mycobacterium sp. EPa45の生育阻害因子の解析
3. 学会等名 第13回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市橋永吉、小川なつみ、加藤広海、岸田康平、野々山翔太、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 Mycobacterium sp. EPa45株におけるフェナントレン分解遺伝子群の転写解析
3. 学会等名 第13回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野々山翔太、佐藤拓哉、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia属細菌におけるFurで制御されるヘム獲得系活性化因子HemPの普遍的機能の解析
3. 学会等名 第13回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原昌太郎、岸田康平、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 PCB/ビフェニル分解質化遺伝子群を有すICEKKS1024677の水平伝播宿主域の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋紳八、加藤広海、永田裕二、大塚重人、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 難培養性細菌の培養における細胞外多糖の重要性
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野々山翔太、岸田康平、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia属細菌における鉄硫黄クラスター生合成系の転写制御機構の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井啓一郎、佐々木春菜、永田裕二、津田雅孝、大坪嘉行
2. 発表標題 PCB分解細菌Acidovorax sp. KKS102株のカタボライト調節に関与する二成分調節因子BphPQの機能調節の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 qTnSeq法の開発とPCB分解細菌への適用
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤広海、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 異なる土壌間における微生物集団の移植実験
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Felipe Vejarano、水口千穂、大坪嘉行、津田雅孝、岡田憲典、野尻秀昭
2. 発表標題 Identification of the electron transport components of the carbazole 1,9a-dioxygenase from the marine carbazole-degrading bacterium <i>Erythrobacter</i> sp. KY5
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 作田郁子、水口千穂、岸田康平、津田雅孝、岡田憲典、野尻秀昭
2. 発表標題 プラスミドNAH7にコードされる受容菌決定因子の探索
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohtsubo Yoshiyuki、Nagata Yuji、Tsuda Masataka
2. 発表標題 Strong N-tailing activity and specific enhancers of Moloney murine leukemia virus reverse transcriptase toward blunt DNA ends
3. 学会等名 15th International Union of Microbiological Societies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤広海、小川なつみ、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 汚染物質分解コンソーシアムにおける非分解菌の役割
3. 学会等名 第2回環境微生物系学会合同大会2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤広海、大坪嘉行、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 難分解性有機塩素系殺虫剤分解細菌コミュニティに関する研究
3. 学会等名 第2回環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野々山翔太、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia multivoransにおける鉄硫黄クラスター生合成遺伝子群の転写因子IscRの解析
3. 学会等名 第2回環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田上諒、西山依里、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 土壌細菌Burkholderia multivoransの土壌環境適応メカニズムの経時的解析
3. 学会等名 第2回環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小川なつみ、石毛太郎、加藤広海、大坪嘉行、永田裕二、吉川博文、津田雅孝
2. 発表標題 フェナントレン分解細菌の生育阻害に対する非分解細菌の役割：RNA-seq解析による検討
3. 学会等名 第2回環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤広海、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 土壌細菌叢メタゲノムの時間的変動と細菌間相互作用
3. 学会等名 第61回日本放線菌学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大坪嘉行、佐々木春菜、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 逆転写酵素を用いたトランスポゾン変異株ライブラリーの定量的解析手法の確立
3. 学会等名 第12回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 市橋永吉、小川なつみ、岸田康平、加藤広海、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 フェナントレン分解Mycobacterium株の遺伝子破壊系構築とピフェニル分解への転写応答
3. 学会等名 第12回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野々山翔太、佐藤拓哉、大坪嘉行、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 Furで制御されるBurkholderia属細菌へム獲得系活性化因子HemPの解析
3. 学会等名 第12回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川なつみ、加藤広海、岸田康平、市橋永吉、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 難分解性芳香族化合物分解コンソーシアム由来の分解細菌Mycobacterium sp. EPa45株における生育阻害機構
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田上諒、西山依里、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 トランスクリプトーム解析を用いた環境細菌Burkholderia multivoransの土壌環境適応戦略の解明
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野々山翔太、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia multivoransの鉄硫黄クラスター生合成遺伝子群における転写制御因子IscRの解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤広海、大坪嘉行、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 環境汚染物質の分解細菌コミュニティにおける非分解菌コロニーの分解菌コロニーへの接近現象
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大坪嘉行、佐々木春菜、永田裕二、津田雅孝
2. 発表標題 逆転写酵素の tailing 活性と新規 TSLR 反応を用いた トランスポゾン 変異株 ライブラリー の定量的解析
3. 学会等名 日本農芸化学会 2018 年度大会
4. 発表年 2018 年

1. 発表者名 Nonoyama Shouta、Kishida Kouhei、Nagata Yuji、Ohtsubo Yoshiyuki、Tsuda Masataka
2. 発表標題 IscR of Burkholderia multivorans plays both repressing and activating roles in transcription of isc operon for biosynthesis of Fe-S cluster
3. 学会等名 8th Congress of European Microbiologists (国際学会)
4. 発表年 2019 年

1. 発表者名 加藤広海、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 土壌細菌叢の初期形成過程における移動性細菌の役割
3. 学会等名 日本微生物生態学会第33回大会
4. 発表年 2019 年

1. 発表者名 野々山翔太、佐藤拓哉、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia 属へム獲得系転写活性化因子 HemP の普遍的機能の解析
3. 学会等名 第14回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2020 年

1. 発表者名 逸見裕太郎、永田裕二、津田雅孝、大坪嘉行
2. 発表標題 qTnSeq法を利用したPCB/ピフェニル分解菌の分解制限要因の同定と排除
3. 学会等名 第14回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野々山翔太、岸田康平、永田裕二、大坪嘉行、津田雅孝
2. 発表標題 Burkholderia multivorans の鉄硫黄クラスター生合成遺伝子群における転写活性化機構の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井洋範、加藤広海、大坪嘉行、津田雅孝、永田裕二
2. 発表標題 培養条件検討からadhX遺伝子依存的貧栄養環境生育機構に迫る
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Nagata Yuji, Kato Hiromi, Ohtsubo Yoshiyuki, Tsuda Masataka	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 278
3. 書名 DNA Traffic in the Environment	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	永田 裕二 (Nagata Yuji) (30237531)	東北大学・生命科学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	大坪 嘉行 (Ohtsubo Yosiyuki) (40342761)	東北大学・生命科学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	加藤 広海 (Kato Hiromi) (90727265)	東北大学・生命科学研究科・助教 (11301)	