

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H06196

研究課題名(和文)メタゲノム解析と難培養微生物利用を基盤とした有用な植物-複合微生物共生系の構築

研究課題名(英文)Development of effective plant-symbiotic microbes system by metagenome and cultivation of non-culturable microbes

研究代表者

谷口 武士(Taniguchi, Takeshi)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号：10524275

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,400,000円

研究成果の概要(和文)：乾燥地で生育する植物に有用な複合微生物系構築を目指して、根圏微生物のメタゲノム解析に基づく生態、機能、微生物ネットワークに関する研究を行った。結果として、乾燥地では微生物ネットワークの中心的な存在であった放線菌門に属する細菌やアーバスキュラー菌根菌が普遍的に分布しており、内生菌については担子菌よりも子嚢菌が優占していた。また、乾燥条件下では内生菌、内生細菌ともに群集構造が異なり、微生物機能が異なることも酵素活性や機能遺伝子から示唆された。複合微生物系の構築に向けては、ネットワークの中心微生物の有効性が微生物間相互作用や環境への適応性の観点から推察され、今後はこの点の検証が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、利用可能な水分や養分が限られた厳しいストレス環境である乾燥地を対象として行われた。地球温暖化による降雨パターンの変動や乾燥化が多くの地域で予想されているため、本研究で得られた乾燥地における微生物の生態や機能に関する知見は、生態系や微生物機能の乾燥応答を予想する上で役立つものである。また、効果的な微生物の分離培養法や分離培養が難しい根圏微生物に関する情報は、利用できる微生物を増やすことに貢献する可能性があり、乾燥地の環境修復や農業への微生物利用を大きく発展させる上でも有用な研究成果である。

研究成果の概要(英文)：Ecology, functional features, and network analysis of rhizosphere microorganisms were examined to develop effective plant-symbiotic microbes system by using metagenome analysis. As the result, central microbes in the microbial network, Actinomycetes and arbuscular mycorrhizal fungi widely distributed in the research site located in the Colorado desert, California, USA. As endophytic fungi, Ascomycota was dominant and common there compared to Basidiomycota. Under the drought, root endophytic fungal and bacterial communities differed and the changes in rhizosphere microbial function under the drought were indicated by enzymatic activity and functional gene abundances. For establishment of effective plant-symbiotic microbes system, effective microbes were estimated by adaptability to environments and microbial network analysis, but the actual function should be examined in the future.

研究分野：微生物生態学

キーワード：メタゲノム 根圏微生物 乾燥地 内生菌 内生細菌 菌根菌

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

乾燥地緑化は劣化した土地の環境修復のみならず、貧困に苦しむ人々の生活を支える上でも重要である。この乾燥地緑化に植物の根圏、および根内の共生微生物を利用しようとする試みが行われているが、このためには対象地の環境や微生物生態に関する情報が不可欠である。このような背景から、申請者は乾燥地で緑化樹種として有用視されている樹木の根に共棲する菌類や細菌の生態調査を進めてきた。メタゲノム解析から、乾燥地においても非常に多様な微生物種が普遍的に植物根に存在し、一部の菌類種間、細菌種間、菌類 - 細菌種間の分布に相関があることが分かってきた。これらの微生物は直接的(例えば菌根菌とヘルパーバクテリア)あるいは間接的(例えば菌根菌と根粒菌)に関係することで植物の機能や安定性を高めている可能性があり(Smith and Read 2008 Mycorrhizal Symbiosis)。この複合微生物共生系の有効利用は乾燥地緑化のブレイクスルーになると考えられる。しかしながら、土壌微生物の多様性は非常に高く、かつ細菌についてはその99%以上が難培養性であるため、どのような微生物種をどのような組み合わせで利用するのがよいのか、そして難培養微生物を含む有用な植物-微生物共生系を人工的に再現できるのか、という2点が大きな課題となる。

近年、次世代シーケンサーによるメタゲノム解析は迅速、かつ膨大なデータ量から、難培養微生物や少数種を含む微生物群集の網羅的解析を可能にし、さらにネットワーク解析による微生物間の関係の検出も試みられている(Barberán et al. 2012 ISME J)。また、微生物の分布特性に関する知見を得る上で有用なメタゲノム解析に加えて、微生物の機能的特性に関する情報も提供できる手法として、ショットガンメタゲノム解析やメタトランスクリプトーム解析が野外サンプルについても行われてきている(Fierer et al. 2012 PNAS; Žifčáková et al. Environ Microbiol 2015)。このような技術は微生物生態を解き明かすのみならず、有用な微生物、あるいは複合微生物系を探索する上でも大きな力を発揮すると思われるが、このような観点から行われた研究は限られている。

### 2. 研究の目的

本申請研究は、メタゲノムデータを用いて植物に有用な根圏、および根内微生物種とその組み合わせを探索するとともに、この情報に基づいて難培養微生物を含む微生物種を分離・培養して植物根に接種し、高機能の複合微生物共生系を構築することを目指している(図1)。次世代シーケンサーを用いたメタゲノム解析とメタトランスクリプトーム解析から、野外における根圏微生物の生態的特性と機能的特性を明らかにし、この情報に基づいた選択培地や単一細胞の分離による難培養性細菌の分離・培養を行うことで、従来法よりも有用な植物-複合微生物系を効率的に構築できると考えている。また、その機能や構築プロセスを検討することで、今後の微生物を用いた持続可能な緑化や環境修復に貢献することを目指している。

### 3. 研究の方法

メタゲノム解析から得られた情報に基づいて有用な複合共生微生物系を構築するため、アメリカの乾燥地で生育するキク科植物(*Encelia farinosa*)を用い、以下の研究を行った。

#### (1) 根圏微生物の生態・機能的特性の解明と有用な複合微生物共生系を構成する微生物種の予測

野外における根圏微生物の宿主特異性および季節性について調査するため、対象植物である*E. farinosa*の葉、根、および土壌のサンプリングを行った。調査は研究期間である2016年~2019年にかけて、5回行った。葉については水利用効率の指標である炭素安定同位体比をIR-MSによって測定した。土壌については、炭素、窒素などの化学性について調査を行った。根については、DNAを抽出し、菌類および細菌特異的なプライマーを用いて増幅した後、次世代シーケンサー(IonPGM, Thermo Fisher Scientific)によるメタゲノム解析を行った。

乾燥および湿潤条件下で特徴的な根圏微生物とその機能について知見を得るため、アメリカの調査地で生育する*E. farinosa*直下土壌を用いたポット実験を行った。微生物機能については、含水率5%、8%、12%の土壌で*E. farinosa*を植栽した処理区と植物を含まない処理区を設け、3か月栽培した後、根圏土壌の解析を行った。また、特徴的な根圏微生物については、5%と12%処理区を設け、*E. farinosa*の個体数を増やして十分な繰り返しのもとに実験を行った。植物の水分ストレスの指標として、葉の蒸散をポロメーター(AP4, Delta-T社)にて測定するとともに、炭素安定同位体比を測定した。成長指標として地上部、および地下部バイオマス測定した。土壌については、含水率、土壌炭素、土壌窒素、土壌リンの測定を行うとともに、根からDNAを抽出し、根圏微生物のメタゲノム解析を行った。また、統計ソフトRのsnaおよびigraphパッケージを用いて、ネットワーク解析を行った。

#### (2) 難培養微生物を含む有用微生物の分離・培養

内部根圏微生物を分離するため、現地から採取した*E. farinosa*の根、および直下土壌を用いた。根については、次亜塩素酸ナトリウムで表面殺菌した後、細菌と菌類をそれぞれ異なる方法と培地による分離培養に供試した。また、より多様な根圏微生物を得る方法を確立するため、アメリカの調査地から採取した土壌をオートクレーブ滅菌した土壌と混合することで、微生物希釈土壌処理区と希釈なしの土壌処理区を設けた。また、湿潤および乾燥に特徴的な微生物を得るため、含水率5%と12%の処理区を設け、3か月間植物を育成した。サンプリングにあたっては、

植物の地上部、地下部バイオマス測定するとともに、根の一部をDNAサンプルとして保管した。残りの一部は内生菌、および内生細菌の分離培養に供試した。

#### 4. 研究成果

(1) 根圏微生物の生態・機能的特性の解明と有用な複合微生物共生系を構成する微生物種の予測  
乾燥地は植物が利用できる養水分が制限された生態系であるが、ここで生育する植物の耐乾性や養水分吸収の促進には、植物根圏微生物も貢献していると考えられる。しかしながら、乾燥地植物の根圏にどのような微生物が共生し、どのような機能を果たしているのかについては不明な点が多い。本研究では、アメリカ、カリフォルニア州南西部に位置するコロラド砂漠の調査地において、*E. farinosa* を含む6樹種の根の内生菌、内生細菌、菌根菌について、雨季と乾季に調査を行った。本研究を行うにあたり、細菌特異的なプライマーは植物の葉緑体やミトコンドリア遺伝子を増幅してしまう問題が起こったが、プライマーを工夫することで、約半分を細菌由来のDNAシーケンスとすることができた。それぞれの根圏微生物の宿主特異性については、全ての内部根圏微生物タイプについて、宿主植物による群集構造への影響が認められた(図1、図2)。また、内生菌では、内生細菌やアーバスキュラー菌根菌と比べて高い宿主嗜好性が認められた。しかしながら、それぞれの宿主植物における微生物ネットワークの中心的な存在であるキーストーン微生物はほとんどの宿主で共通して存在し、かつ出現頻度も高く、普遍的に存在していることが示された。このことから、キーストーン微生物が安定的に生態系に存在し、植物の種多様性や機能性を維持する上で重要な役割を果たしている可能性が示唆された。また、季節的な微生物群集の変化も確認され、野外において雨季と乾季に特徴的な微生物に関する知見が得られた。

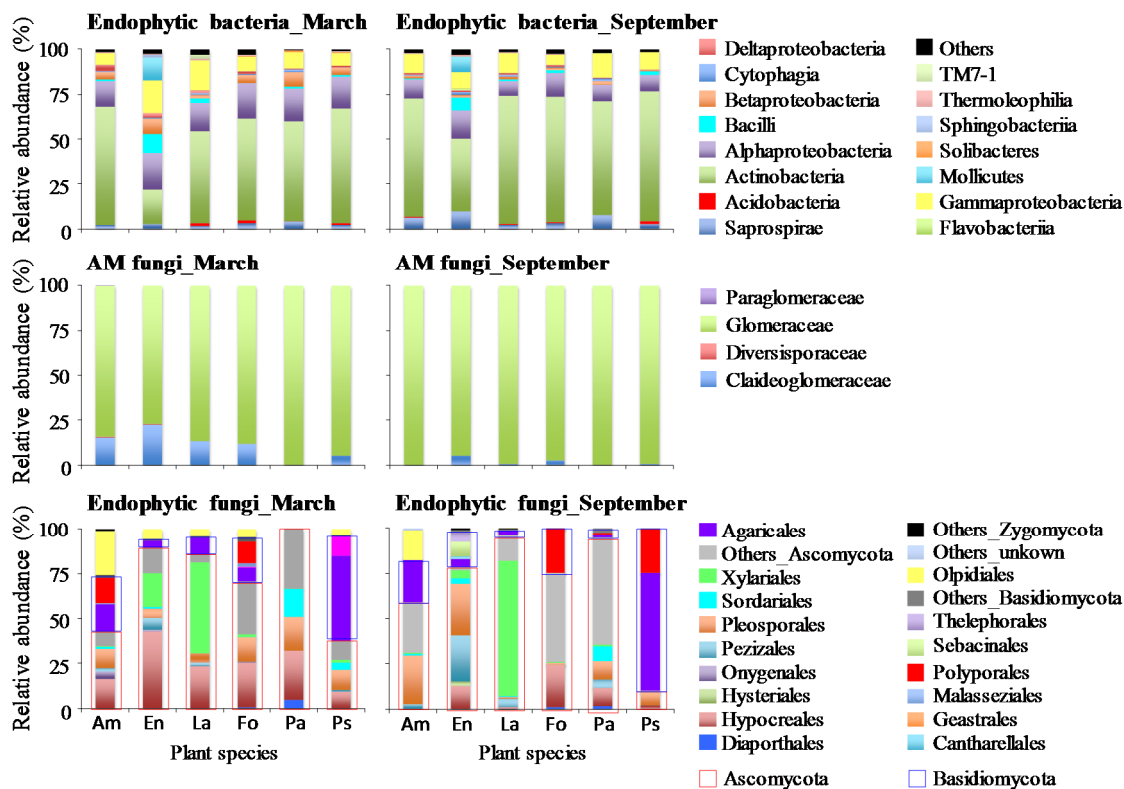


図1 それぞれの植物根における内生細菌、アーバスキュラー菌根菌、内生菌の Phylum レベルでの相対量

Am: *Ambrosia dumosa*, En: *Encelia farinosa*, Fo: *Fouquieria splendens*, La: *Larrea tridentata*, Pa: *Parkinsonia florida*, Ps: *Psoralea schottii*

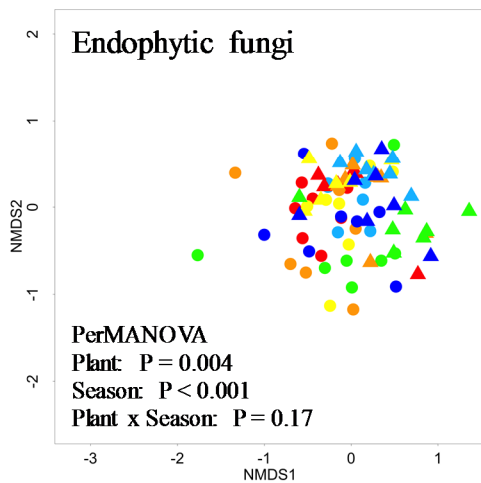
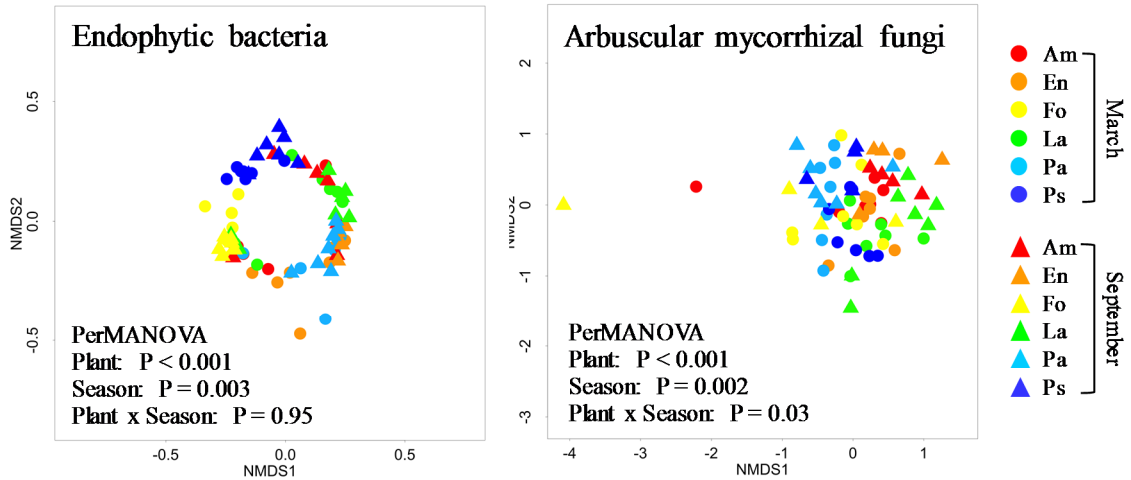


図2 宿主植物と共生する内部根圏微生物のNMDS解析

Am: *Ambrosia dumosa*,  
 En: *Encelia farinosa*,  
 Fo: *Fouquieria splendens*,  
 La: *Larrea tridentata*,  
 Pa: *Parkinsonia florida*,  
 Ps: *Psoralea schottii*

また、ポット実験によって、乾燥条件下で *E. farinosa* に重要な根圏微生物とその機能に関する研究を行った。この結果として、非根圏土壌と根圏土壌の微生物相と植物根内微生物相は大きく異なること、そして内生細菌と内生菌の群集構造は乾燥条件下と湿潤条件下で異なる傾向を示すことが分かった。一方で、アーバスキュラー菌根菌については違いが認められなかった。根圏微生物機能について、5 種類 ( $\beta$ -Glucosidase, Acid-phosphatase,  $\beta$ -cellobiosidase, Aryl-sulfatase, Leucine-aminopeptidase) の酵素活性を測定したところ、炭素および窒素分解に関わる酵素活性は乾燥条件下で増加し、一方でリンや硫黄吸収に関わる酵素活性は乾燥によって減少していた。これらのことから、微生物群集は乾燥条件下で変化し、その機能性についても変化していることが確認できた。また、当初は微生物機能を解析する手法として根圏土壌のメタトランスクリプトーム解析を予定していたが、回収量が少なく、解析に不安があったため、根圏土壌から抽出した DNA を用いたショットガンメタゲノム解析を行った。クラスター解析を行ったところ、非根圏土壌と比べて根圏土壌では湿潤条件下と乾燥条件下で微生物機能が分別できなかった (図3)。従って、根圏土壌では微生物機能がより安定している可能性があるが、この点についてはさらなる詳細な解析が必要である。

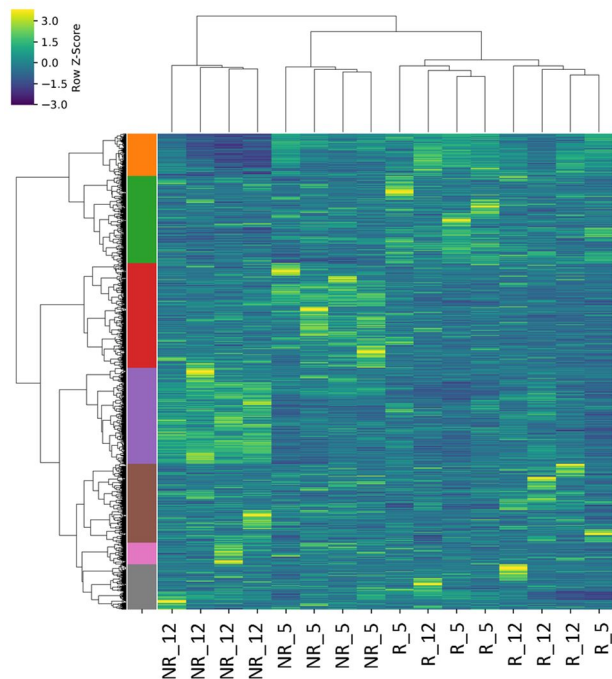


図3 機能遺伝子のクラスター解析  
 NR: 非根圏土壌、R: 根圏土壌  
 5 : 含水率 5%、12 : 含水率 12%

## (2) 難培養微生物を含む有用微生物の分離・培養

土壌希釈処理区と希釈なし処理区における *E. farinosa* の成長を比較すると、土壌希釈処理区において、植物の成長のばらつきが大きい傾向が認められた。湿潤条件と乾燥条件を比較すると、内生細菌はいずれの処理区においても根に分布していることが確認されたが、内生菌については、湿潤処理区では根からほとんど菌株を得ることができない植物個体もあった。このことから、内生菌の感染は乾燥条件下で高く、かつその機能も重要であることが推察された。再現性を確保するため、2回の繰り返しポット試験を行い、それぞれのポット試験において84植物個体を対象とした非常に大規模な微生物の分離培養を行った。結果として、内生菌は2000、そして内生細菌については4000を超える菌株が得られた。しかしながら、これまでに分離が難しいとされている菌株を含む分離培養条件の設定を目指し、これに時間を要したことから、本研究期間内に種レベルでの分別を完全に終えることができなかった。今後、メタゲノム解析の結果と合わせることで、分離培養できる微生物とできない微生物、そして多様な微生物分離に好ましい植物の育成条件について明らかにするとともに、実際の微生物機能や微生物の複合効果について研究を継続していく。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tateno Ryunosuke, Taniguchi Takeshi, Zhang Jian, Shi Wei-Yu, Zhang Jian-Guo, Du Sheng, Yamanaka Norikazu	4. 巻 420
2. 論文標題 Net primary production, nitrogen cycling, biomass allocation, and resource use efficiency along a topographical soil water and nitrogen gradient in a semi-arid forest near an arid boundary	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 209 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-017-3390-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 谷口武士	4. 巻 1
2. 論文標題 根圏微生物とその生態系修復や農業生産への利用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 26 ~ 30
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 無
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 Maimaiti A., Iwanaga F., Taniguchi T., Hara N., Matsuo N., Mori N., Yunus Q., Yamanaka N.	4. 巻 30
2. 論文標題 Inorganic and Organic Osmolytes Accumulation in Five Halophytes Growing in Saline Habitats around Aiding Lake Area in Turpan Basin, Northwest China.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Arid Land Research and Management	6. 最初と最後の頁 421-431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15324982.2016.1148799	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 Mohamed M.E, Habora M.E., Eltayeb A.E., Mori N., Arima J., Taniguchi T., Yamanaka N.	4. 巻 52
2. 論文標題 Identification of the key genes involved in the degradation of homocholine by Pseudomonas sp. strain A9 by using suppression subtractive hybridization.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Process Biochemistry	6. 最初と最後の頁 94-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procbio.2016.10.009	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 Abdalla M.A., Taniguchi T., Elkarim A.H.A., Endo T., Yamanaka N.	4. 巻 67
2. 論文標題 Phytoremediation of calcareous saline-sodic soils with mesquite ( <i>Prosopis glandulosa</i> ).	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science	6. 最初と最後の頁 352-361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09064710.2017.1281432	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 Tian Q., Taniguchi T., Shi W.Y., Li G., Yamanaka N., Du S.	4. 巻 7
2. 論文標題 Land-use types and soil chemical properties influence soil microbial communities in the semiarid Loess Plateau region in China.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 45289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep45289	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 Sugimoto Taro, Ito Takehiko Y, Taniguchi Takeshi, Lkhagvasuren Badamjav, Oyunsuren Tsendsuren, Sakamoto Yumi, Yamanaka Norikazu	4. 巻 99
2. 論文標題 Diet of sympatric wild and domestic ungulates in southern Mongolia by DNA barcoding analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mammalogy	6. 最初と最後の頁 450 ~ 458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx182">https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx182</a>	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 Iwaoka C., Imada S., Taniguchi T., Du S., Yamanaka N., Tateno R.	4. 巻 75
2. 論文標題 The impacts of soil fertility and salinity on soil nitrogen dynamics mediated by the soil microbial community beneath the halophytic shrub Tamarisk.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microbial Ecology	6. 最初と最後の頁 985-996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s00248-017-1090-z">https://doi.org/10.1007/s00248-017-1090-z</a>	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 Miyazawa Yoshiyuki, Du Sheng, Taniguchi Takeshi, Yamanaka Norikazu, Kumagai Tomo'omi	4. 巻 38
2. 論文標題 Gas exchange by the mesic-origin, arid land plantation species Robinia pseudoacacia under annual summer reduction in plant hydraulic conductance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 1166 ~ 1179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1093/treephys/tpy032">https://doi.org/10.1093/treephys/tpy032</a>	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 Kusakabe R., Taniguchi T., Goomaral A., Undarmaa J., Yamanaka N., Yamato M.	4. 巻 28
2. 論文標題 Arbuscular mycorrhizal fungal communities under gradients of grazing in Mongolian grasslands of different aridity.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	6. 最初と最後の頁 621-634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s00572-018-0855-7">https://doi.org/10.1007/s00572-018-0855-7</a>	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 Taniguchi T., Kitajima K., Douhan G.W., Yamanaka N., Allen M.F.	4. 巻 28
2. 論文標題 A pulse of summer precipitation after the dry season triggers changes in ectomycorrhizal formation, diversity, and community composition in a Mediterranean forest in California, USA.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	6. 最初と最後の頁 665-677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s00572-018-0859-3">https://doi.org/10.1007/s00572-018-0859-3</a>	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 Mahmood A., Amaya R., Turgay O.C., Yaprak A.E., Taniguchi T., Kataoka R.	4. 巻 9
2. 論文標題 High salt tolerant plant growth promoting rhizobacteria from the common ice-plant <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rhizosphere	6. 最初と最後の頁 10-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.10.004">https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.10.004</a>	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 Tatsumi, C., Taniguchi, T., Du, S., Yamanaka, N., Tateno, R.	4. 巻 144
2. 論文標題 The steps in the soil nitrogen transformation process vary along an aridity gradient via changes in the microbial community.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biogeochemistry	6. 最初と最後の頁 15-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s10533-019-00569-2">https://doi.org/10.1007/s10533-019-00569-2</a>	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 Nakayama Masataka, Imamura Shihomi, Taniguchi Takeshi, Tateno Ryunosuke	4. 巻 446
2. 論文標題 Does conversion from natural forest to plantation affect fungal and bacterial biodiversity, community structure, and co-occurrence networks in the organic horizon and mineral soil?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 238 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.042">https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.042</a>	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 Badi Omer Badi Mohammed, Abdelhalim Tilal Sayed, Eltayeb Mohamed Mutasim, Gorafi Yasir Serag Alnor, Tsujimoto Hisashi, Taniguchi Takeshi	4. 巻 65
2. 論文標題 Dominance of limited arbuscular mycorrhizal fungal generalists of Sorghum bicolor in a semi-arid region in Sudan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 570 ~ 578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1680573">https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1680573</a>	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 Goomaral, A., Yamato, M., Kusakabe, R., Undarmaa, J., Yamanaka, N., Taniguchi, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of livestock grazing intensity on soil arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein in a mountain forest steppe and a desert steppe of Mongolia.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	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) <a href="https://doi.org/10.1007/s11355-019-00399-2">https://doi.org/10.1007/s11355-019-00399-2</a>	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 Tatsumi Chikae, Taniguchi Takeshi, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Tateno Ryunosuke	4. 巻 101
2. 論文標題 Soil nitrogen cycling is determined by the competition between mycorrhiza and ammonia oxidizing prokaryotes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology	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) <a href="https://doi.org/10.1002/ecy.2963">https://doi.org/10.1002/ecy.2963</a>	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 Tatsumi Chikae, Imada Shogo, Taniguchi Takeshi, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Tateno Ryunosuke	4. 巻 176
2. 論文標題 Soil prokaryotic community structure is determined by a plant-induced soil salinity gradient rather than other environmental parameters associated with plant presence in a saline grassland	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Arid Environments	6. 最初と最後の頁 104100 ~ 104100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104100">https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104100</a>	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 Miyake H., Ishitsuka S., Taniguchi T., Yamato M.	4. 巻 -
2. 論文標題 Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in forest ecosystems in Japan's temperate region may be primarily constituted by limited fungal taxa.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	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) <a href="https://doi.org/10.1007/s00572-020-00945-z">https://doi.org/10.1007/s00572-020-00945-z</a>	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 Abebe Getu, Tsunekawa Atsushi, Haregeweyn Nigussie, Takeshi Taniguchi, Wondie Menale, Adgo Enyew, Masunaga Tsugiyuki, Tsubo Mitsuru, Ebabu Kindiye, Berihun Mulatu Liyew, Tassew Asaminew	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of Land Use and Topographic Position on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks in Different Agro-Ecosystems of the Upper Blue Nile Basin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 2425 ~ 2425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/su12062425">https://doi.org/10.3390/su12062425</a>	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

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 谷口武士, Mohammed Mutasim Eltayeb Elebeid, 今田省吾, 磯部一夫, Michael Allen, Rebecca Hernandez, Emma Aronson
2. 発表標題 コロラド砂漠で生育する乾燥地植物6種の内部根圏微生物とその宿主特異性
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会プログラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mohamed M. Eltayeb, Emma Aronson, Sara Eltigani, Kazuo Isobe, Norikazu Yamanaka, Jiro Arima, Michael Allen, Takeshi Taniguchi
2. 発表標題 Effect of drought, microbes and <i>Encelia farinosa</i> on soil extracellular enzymes
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会プログラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Taniguchi, Norikazu Yamanaka
2. 発表標題 Revegetation of a degraded ecosystem in dry environments: Experiences from China.
3. 学会等名 The twelfth international conference on development of drylands (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 片山卓弥、笹原育美、沖田総一郎、岩永史子、谷口武士、山本福壽、山中典和
2. 発表標題 植物ホルモン処理がニセアカシアの萌芽発生に及ぼす影響
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 沖田総一郎、谷口真吾、谷口武士、山本福壽、山中典和
2. 発表標題 酸欠ストレスがマングローブ樹種の耐塩性に及ぼす影響
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笹原育美、谷口武士、山中典和
2. 発表標題 異なるNaCl処理が根粒菌を接種したマメ科樹種の生存・生育に与える影響
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹内祐子、谷口武士、片岡良太、平本将久、中村慎崇
2. 発表標題 津波被害後の海岸クロマツ林における菌根相
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 赤路康朗、山田和弘、廣部宗、谷口武士、宮崎祐子、坂本圭児
2. 発表標題 ブナ実生の資源分配と菌根共生に微環境が与える影響
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本太郎、伊藤健彦、谷口武士、Lhagvasuren Badamjav、Tsendsuren Oyunsuren、坂本有実、山中典和
2. 発表標題 DNAバーコーディングを用いたモンゴル乾燥地域における野生草食動物と家畜の食性重複の解明
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩岡史恵、谷口武士、山中典和、杜盛、館野隆之輔
2. 発表標題 半乾燥地の森林土壌における真菌・原核生物機能群組成と窒素動態
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日下部亮太、谷口武士、Undarmaa Jamsran、山中典和、Gomara Altansukh、大和政秀
2. 発表標題 降水量と家畜食害強度の違いがモンゴル草原のアーバスキュラー菌根菌群集に与える影響
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Omer Badi Mohammed Badi, Tilal Sayed Abdelhalim, Yasir S. A. Mohammed, Hisashi Tsujimoto, Takeshi Taniguchi
2. 発表標題 Genotypic variation in mycorrhizal community structure and host specificity of Sudanese sorghums
3. 学会等名 第243回日本作物学会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷口 武士, 磯部 一夫, 今田 省吾, Mohammed M Eltayeb, 赤路 康朗, Michael F Allen, Emma Aronson
2. 発表標題 乾燥地における植物内部根圏キーストーン微生物の宿主特異性
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eltayeb, M.M., Eltigani, S., Isobe, K., Aronson, E., Taniguchi, T.
2. 発表標題 Microbial function of a desert plant, <i>Encelia farinosa</i> rhizosphere under drought
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷口武士, 大和政秀, 日下部亮太, 赤路康朗, Goomaral Altansukh, Undarmaa Jamsran, 山中典和
2. 発表標題 家畜による被食が土と根のアーバスキュラー菌根群集に与える影響
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究者紹介のホームページ  <a href="http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/staff303/biseibutu/lu_li.html">http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/staff303/biseibutu/lu_li.html</a></p> <p>google scholarによる研究業績情報  <a href="https://scholar.google.co.jp/citations?user=UMKPKHUAAA&amp;hl=ja">https://scholar.google.co.jp/citations?user=UMKPKHUAAA&amp;hl=ja</a></p> <p>ResearchGateによる研究業績情報  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Takeshi_Taniguchi2">https://www.researchgate.net/profile/Takeshi_Taniguchi2</a></p>
--

## 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
研究協力者	エマ アロンソン  (Emma Aronson)	カリフォルニア大学リバーサイド校・Microbiology and Plant Pathology・Assistant Professor	
研究協力者	磯部 一夫  (Isobe Kazuo)	東京大学大学院・農学生命科学研究科・助教	
研究協力者	エルタイブ モハメドモタシム  (Eltayeb Mohammed Mutasim)	ハルツーム大学・Faculty of Agriculture・Assistant Professor	