

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20248033

研究課題名（和文）根圏有機物シンク形成に連動する根圏生物複合系の高度負荷環境緩和機構の検証と利用

研究課題名（英文）Investigation for functionalities of rhizo-biocomplex to minimize highly adverse conditions in association with organic sink in the rhizosphere and its utilization in agricultural use

研究代表者

橋床 泰之 (Hashidoko Yasuyuki)

北海道大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：40281795

研究成果の概要（和文）：

インドネシア・カリマンタンの負荷土壌に対処できる根圏微生物コンソーシアムについて検討した。中強酸性泥炭湿地に自生するチガヤ根面から分離した *Burkholderia* 属細菌 A-KA 株に *Sphingomonas* 属など根圏微生物の増殖を促進する活性が認められ、また、酸性硫酸塩土壌耐性イネ根から分離した *Burkholderia mimosarum* にはイネ苗立枯細菌病を引き起こす *Burkholderia plantarii* のトロポロン産生を抑え、種子付着菌を根圏で増殖させる能力を示した。熱帯のポリフェノールリッチな土壌とフタバガキ幼木根圏から分離した細菌群からは、ピロガロール基をもつポリフェノール存在でインドール分解活性が急激に活性化される *Burkholderia* 属細菌を見いだした。共生系では、ソテツ根と窒素固定性シアノバクテリア *Nostoc punchiforme* とのサンゴ状根共生において、シアノバクテリア誘引に必要な運動性付与がジアシルグリセロールの一分子種で起こることを明らかにした。また、宿主の土壌伝播病原菌感染を抑制する根圏細菌 *Pseudomonas jessenii* EC-S101 株や *Trichoderma* sp. PS1-7 株の放出するシグナル物質の化学構造とその機能性を解明した。根圏での脱窒制御に関しては、熱帯泥炭地の亜酸化窒素生成菌では亜酸化窒素還元酵素 ( $N_2OR$ ) 遺伝子が欠損しており、また、様々な植物二次代謝産物が根圏での脱窒能に影響を与えることが明らかにされた。

研究成果の概要（英文）：

We investigated rhizo-biosystems that enable to mitigate adverse soils in Kalimantan, Indonesia. *Burkholderia* sp. strain A-KA that had been isolated from the rhizosphere of *Imperata cylindrica* grown in medium-strongly acidic peatland showed a growth-helper activity toward other rhizosphere bacteria, such as *Sphingomonas* sp.. *Burkholderia mimosarum* isolated from rhizosphere of paddy rice tolerant to acid-sulfate soil suppressed tropolone production of *B. plantarii*, a bacterium causative of rice blight disease, while promoted growth of diverse root- and seed-epiphytic bacteria. Among rhizobacteria that had isolated from dipterocarpous sapling adapting to polyphenol-rich tropical peat soil, pyrogallol-containing plant polyphenols activated *Burkholderia unamae* CK-43B to degrade indole and some other *N*-heterocyclic aromatic compounds. In the coralloid root symbiotic systems between *Cycas revoluta* root and a nitrogen-fixing cyanobacterium *Nostoc punchiforme*, a diacylglycerol was found to be the principle of hormogonium-inducing factor on the cyanobacterium necessary to its host-recognition. Also, we successfully isolated and characterized signal compounds from a rhizobacterium *Pseudomonas jessenii* strain EC-S101 isolated from spinach root and from a rhizosphere fungus *Trichoderma virens* strain PS1-7 isolated from paddy root. In the rhizosphere, nitrous oxide emitting bacteria in tropical peat soil were missing their nitrous oxide reductase ( $N_2OR$ ) genes, and affected its denitrification by several secondary metabolites of plants.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	19,100,000	5,730,000	24,830,000
2009年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2010年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
総計	37,000,000	11,100,000	48,100,000

研究分野：境界農学

科研費の分科・細目：環境農学

キーワード：窒素固定、菌体外酵素、生物的硝化抑制、負荷環境緩和、コンソシアム形成、熱帯泥炭、窒素ロス、難分解性多糖

## 1. 研究開始当初の背景

米国の Strong 博士は、根圏微生物と植物の関係を food web という造語を用いて説明し、栄養素の根圏での循環を重視した新たな農業生産技術の展開方法を Ecology 誌に提案した (2003)。我々はそれよりも古く 2001 年に、根圏微生物群集と根が形成する根圏複合系の概念を提唱し、この複合系がもつ相乗的機能分化によって、或る植物は高度負荷土壌の環境負荷を微小空間レベルで緩和し、負荷土壌に耐えて子孫を残す戦略をとっている可能性を示してきた (橋床、科学と生物 2003)。この研究テーマを、科学研究補助金 A (一般)「高度負荷土壌耐性植物がもつ根圏複合系の機能性解析とアグロテクノロジーへの応用」(平成 16 年-19 年、課題番号 16208032、研究代表者：橋床泰之)の研究課題として、主にインドネシアの酸性硫酸塩土壌の水田ならびに表土を喪失した熱帯泥炭土壌荒廃地を主要な研究フィールドに展開してきた。また、タイの塩集積土壌や東シベリアの乾燥永久凍土帯、あるいは国内の負荷土壌地域を比較サイトとして、自然によって形成された高度負荷地域で機能的根圏複合系の中心をなす微生物の検索と、負荷土壌問題解決のための実践的現地調査、ラボ内でのモデル構築、分子・顕微レベルでの根圏複合系の検証、機能性発現のためのシグナル伝達機構の解明、日本国内での研究材料の発掘などを行ってきた。

その結果、多くの酸性土壌で *Sphingomonas* 属細菌が根圏複合系の形成を開始させるトリガーとして働いていること、その細胞外高分子断片が特定微生物の増殖を亢進すること、バイオフィルム化が機能性発現に有用であること、さらには植物自身が環境負荷緩和に働く微生物の成育を直接的あるいは間接的に補助していること等が分かってきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、高度負荷土壌の根圏複合系内で負荷環境緩和に働くコミュニケーションシグナルの実体解明とそれらの負荷環境下での生物生産性向上のための応用を目指し、新たな根圏生物複合系の機能発掘とそれらを制御する中低分子化学シグナル因子の特定、ならびにこれらの機能性発現にかかわる双方の重要な遺伝子についてのデータを蓄積することを目的として以下の中目標をた

てた。

### 1) 高度負荷土壌に形成された根圏複合系のクオールモンシグナルの解明

負荷土壌における、根圏複合系内クオールモンシグナルの負荷緩和に対する寄与を明らかにするため、a) 酸性硫酸塩土壌で糸状菌(菌根菌を含む)-窒素固定細菌コンソシアム形成を仲立ちする根面細菌、b) 難増殖性細菌群に対して生育亢進を働きかける根面細菌、c) 病原性微生物を含めた糸状菌や卵菌類に対して形態分化を誘導する根面細菌、d) 根圏で無機窒素代謝に関わる細菌群の機能制御に関わる生物複合系、それぞれの検索を試みた。ここでは、シグナル物質を単離同定し、外部投与によって環境負荷緩和能の発現を検証するためのアッセイ系構築も含まれる。

### 2) 根圏複合系構成生物群集内のクロスキングダムクロストークシグナルの検索

根圏複合系を構成する生物群集(根を含む)系内の、界を超えたクロストーク(クロスキングダムクロストーク)に関わるシグナル類の検索・単離同定をめざし、対象とするシグナル類 4 群を標的とした。e) 菌根菌の成長促進あるいは分岐促進物質、f) 植物根が産生するクオーラムセンシングシグナルミックスあるいはフェノリックホルモン類、g) 植物根が産生する脱窒や窒素固定の抑制あるいは刺激因子、h) 根の応答を含めた三者同盟に関する調節因子。

### 3) 規則的 3 次元空間形成因子の検索

根面に付着した *Sphingobium yanoikuyae* や *Lysobacter* sp. は接着時に規則性や方向性を示すが、この様な 2 次元あるいは 3 次元的な空間規則性がクオールモンシグナルの感受性やバイオフィルム形成にどの様な影響を与えるかを、規則的表面構造(マイクロナカム構造)をもつ高分子膜を用いて検討する。

### 4) 根圏複合系の機能性開発のためのモデル系構築

クオールモンによる根圏生物複合系の統合と制御技術の確立は、特に土壤伝播性病害防除方面での応用・実用化において期待が大きいため、根感染病原で最も難防除とされる *Fusarium* と *Phytophthora*、苗立ち枯れ細菌病を起こす *Burkholderia plantarii* に絞って、生物合理的なクオールモン防除が可能かどうかを検討する。また、根圏複合系の機能性を高めるクロストークシグナル産生微生物

を用いた、作物への乾燥耐性や酸性耐性、耐塩性付与・強化の可能性を検討した。

### 3. 研究の方法

高度負荷土壌地域において、土壌負荷環境緩和能を発揮する根圏複合系の探索とクオールモンシグナルを中心としたクロストークシグナル検索を行うとともに、クロストークシグナルコミュニケーション網とシグナル物質を利用した、1) 負荷土壌での生物生産や2) リゾバイオレメディエーション技術、3) クオールモン防除、クオールモン制御技術確立のための基礎データを蓄積し、4) これらのアグロテクノロジーへの転化を目指した。クオールモンシグナル化合物そのものやクオールモンによって制御される二次代謝産物群の分析系構築を検討した。また、土壌中の有機物シンク形成が亢進される根圏生物複合系の探索をめざした。また、微生物コンソーシアムがどのように変動するかを確かめるため、幾つかの複合系における微生物動態や遷移をFISH法によって追跡した。

#### 1) 熱帯性貧栄養土壌における根圏複合系の機能性発現モデルの構築

根圏複合系の窒素固定能力や pH 上昇、抗生物質生産効率などを指標として、それらの能力が最大限発揮される複合系内の微生物相の階層や棲み分けを FISH や他の蛍光染色法による蛍光顕微鏡観察によって追跡した。ここにクオールモンシグナル類を与えたとき、根圏複合系の機能性がどのように変動するかを追跡した。この菌相解析や単生窒素固定細菌の活性化に関する検索は、主にサゴヤシとニッパヤシ、さらにはソテツを標的とした。

#### 2) 負荷土壌での植生遷移に伴う根圏複合系遷移とクロストークシグナル変動の解析

中央カリマンタンの酸性泥炭土壌に生育する現地耐性植物の植物根圏生物複合系をモデルに、酸性土壌で根圏複合系の軸となる *Sphingomonas* 属細菌のコミュニケーションシグナル (HB4 等) 放出と土壌自活性の難培養細菌群集との関連について解析を行った。

#### 3) 根圏複合系による多環式芳香族の効率的分解系検索

インドネシアの熱帯泥炭林の自生フタバガキ幼植物根圏から分離した根面着生細菌群から、L-トリプトファンを IAA に効率よく変換できる菌株を検索した。さらに、多環式芳香族を強力に分解する菌株を検索した。このような L-トリプトファン分解能や芳香族分解能の高い菌株が、根圏環境緩和に寄与しているかどうかを検証した。

#### 4) 圃場でクオールモン防除資材が機能させるクロストークシグナルの解析

化学農薬でも難防除とされる幾つかの土壌あるいは種子伝播性細菌病におけるクオールモン防除資材を高負荷環境緩和に用いた。

このような実用的根圏複合系モデルの検索のため、クオールモン防除資材スクリーニング系とクロストークシグナル検索を組み合わせたアッセイ系を構築した。

#### 5) 亜酸化窒素生成抑制にも関わる根圏における脱窒抑制シグナルの検索

根圏での脱窒制御のため、アッセイ系を構築した。また、作用機作を知るために、熱帯泥炭地の超高活性な亜酸化窒素生成菌では亜酸化窒素還元酵素 ( $N_2OR$ ) 遺伝子が欠損しており、また、様々な植物二次代謝産物が根圏での脱窒能に影響を与えるかについて検討を加えた。

### 4. 研究成果

#### 1) 根圏コンソーシアムの制御因子

中強酸性泥炭湿地に自生するチガヤ根面から分離した *Burkholderia* 属細菌 A-KA 株に *Sphingomonas* 属根圏微生物の増殖を促進する活性を見いだした。また、同じ菌株が、リン酸可溶化能を持つとされる *Frateriella* 属細菌の菌体外ポリマー産生を著しく増大させる活性を見いだした。このポリマー産生亢進因子を培養液から抽出・精製し、その化合物を極性の高いフラン誘導体と推定した。

#### 2) 負荷土壌での植生遷移に伴う根圏複合系遷移要因の解析

また、マレーシア、サラワク州、ムカ近郊の塩性貧栄養性硬質粘土土壌に生育するニッパヤシが、その気道の発達した根内に窒素固定能の高い *Burkholderia vietnamiensis* を保持し、その分離株は sucrose を炭素源として非常に高いアセチレン還元を示すことを明らかにした。

#### 3) 根圏複合系による芳香族アミノ酸や多環式芳香族の効率的分解系検索

インドネシア中央カリマンタンの熱帯泥炭林の土壌環境に適応した現地自生 *Shorea balangeran* 幼木根から分離した細菌群を Salkowski's 試薬への反応を指標としたスクリーニング試験に供し、*Serratia* 属細菌株 CK-67 を L-トリプトファンを高効率で IAA へ変換する株として見いだした。また現地自生 *Shorea balangeran* 幼木根から分離した *Burkholderia unamae* CK-43B 株では、低窒素および 1 mM タンニン酸存在下でインドールを効率よくカテコールにまで分解し、そのヘテロ環芳香族窒素原子を利用できることを明らかにした。

CK-43B 株が植物の根に広く含まれているピロガロール構造を持ったポリフェノール類 (0.2-3.0 mM) に暴露された場合、indole 分子内のピロール環の生物的開裂 (indole 2,3-dioxygenase) さらには分解中間体であるアントラニル酸の酸化的脱アミノ反応 (anthranilate hydroxylase) をそれぞれ活性化することを見いだした。

#### 4) 圃場で機能するクオールモン防除資材とそのクロストークシグナルの解析

卵菌の感染を抑制する根圏細菌 *Pseudomonas jessenii* EC-S101株をホウレンソウ根面から分離し、これが放出する4,5-didehydroacaterinとそのホモログを菌糸の有糸分裂と菌糸分岐を促進させる因子として単離した。また、インドネシア・南カリマンタンの酸性硫酸塩土壌耐性をもつイネ根から分離した *Burkholderia mimosarum* 901-5Bがイネ苗坪枯れ病（イネ苗立枯細菌病）原因菌である *Burkholderia plantarii* に対し、ファイトトキシン（トロポロン）産生を抑えた。*B. plantarii*によって排除される種子付着菌者の根圏での増殖を復活させることを明らかにした。

#### 5) 亜酸化窒素生成抑制にも関わる根圏における脱窒抑制シグナルの検索

熱帯泥炭地の亜酸化窒素生成菌について、それらの分離、機能性解析、 $N_2O$ 生成における至適条件の検討を行い、これら強力な $N_2O$ 生成細菌では酸性条件（pH 4.0-4.5）において $N_2O$ 生成活性が高まること、炭素源添加によって $N_2O$ 生成が極端に上昇すること、これらの高活性細菌株は腐生性細菌で強力な硝酸塩呼吸をおこなうこと、亜酸化窒素還元酵素（*NosZ*）の機能を欠くこと、*nosZ*遺伝子そのものを欠損していることがわかった。熱帯泥炭開墾地で強力な亜酸化窒素放出細菌として分離した2種類の *Burkholderia* 属細菌についてその全ゲノムを解析し、これを検証した。

#### 6) シアノバクテリア, *Nostoc punctiforme* 糸状体コロニーを運動性の連鎖体（ホルモゴニア）へ分化誘導因子の発見

ソテツ根に含まれるジアシルグリセロールが、ソテツ・サンゴ状根を形成して窒素固定に関わるシアノバクテリア, *Nostoc punctiforme* 糸状体コロニーを運動性の連鎖体（ホルモゴニア）へ分化誘導することを発見した。

#### 7) ポリマーを介する微生物コンソーシアムの機能性と安定性

植物に含まれるポリフェノールは腐植の蓄積要因となるが、その分解制御因子解明の一環として、エゾシカルーメン微生物のマクロゲルカプセルでの固定化によるタンニン分解を行い、効率的なタンニン加水分解反応の進行を確認した。また、ジェランガム培地で土壌細菌の窒素固定活性が大幅に上昇することが分かり、ゲルによる菌体固定が機能性発現に極めて重要な因子になることが示された。

植物根に鞭毛が融合する *Lysobacter* sp. 株について全ゲノム解析を行い、植物根周辺で細菌が定着する理由を探るための全ゲノム情報を得た。フラジェリタンパク遺伝子に隣接したペクチナーゼ遺伝子の配列を見だし、これが根面への融合状態での接着に寄与

していると推測した。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計16件）

- 1) I. R. Sitepu, Y. Hashidoko, Aryanto, M. Turjaman, S. Tahara, S. S. Miftahuliyah, E. Santoso. Studies on functional bacteria of Indonesian tropical forest plants for biorehabilitation of degraded lands. Journal of Forestry Research, Indonesia, 8, 21-35 (2008). 査読有り
- 2) T. Hiura, Y. Hashidoko, Y. Kobayashi, S. Tahara. Effective degradation of tannic acid by immobilized rumen microbes of sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) in winter. Animal Feed Science and Technology, 143-152 (2010). 査読有り
- 3) Abhinandan Deora, Eduardo Hatano, Satoshi Tahara, and Yasuyuki Hashidoko. Inhibitory effects of furanone metabolites of a rhizobacterium, *Pseudomonas jessenii*, on phytopathogenic *Aphanomyces cochlioides* and *Pythium aphanidermatum*. Plant Pathology, 59, 84-99 (2010). 査読有り
- 4) E. Purnomo, Y. Hashidoko, T. Hasegawa, M. Osaki. Extreme high yield of tropical rice grown without fertilizer on acid sulfate soil in South Kalimantan, Indonesia. Journal of Tropical Soils, 15, 33-38 (2010). 査読有り
- 5) S.-Y. Tang, S. Hara, L. Melling, K. J. Goh, Y. Hashidoko. *Burkholderia vietnamiensis* isolated from root tissues of nipa palm (*Nypa fruticans*) in Sarawak, Malaysia, proved to be its major endophytic nitrogen-fixing bacterium. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 74, 1972-1975 (2010). 査読有り
- 6) A. Rahman, I. R. Sitepu, S.-Y. Tang, Y. Hashidoko. Salkowski's reagent test as a primary screening index for functionalities of rhizobacteria

- isolated from wild dipterocarp saplings naturally growing on medium-strongly acidic tropical peat soil. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 74, 2202-2208 (2010). 査読有り
- 7) Hisahaya Takeda, Naoki Takahashi, Ryusuke Hatano, and Yasuyuki Hashidoko. Active N<sub>2</sub>O emission from bacterial microbiota of Andisol farmland and characterization of some N<sub>2</sub>O emitters. *Journal of Basic Microbiology*, online published (2012). DOI : 10.1002/jobm.201100241. 査読有り
- 8) E. Novrianti, M. Watanabe, M. Kobayashi, T. Takeda, Y. Hashidoko, T. Koike. Photosynthetic nitrogen and water use efficiency of acacias and eucalypts seedlings as afforestation species. *Photosynthetica*, online published (2012). DOI:10.1007/s00374-011-0657-y. 査読有り
- 9) Yasuko Sakihama, Makiko Maeda, Satoshi Tahara, Makoto Hashimoto, Yasuyuki Hashidoko. Beetroot betalain inhibits peroxyxynitrite-mediated tyrosine nitration and DNA strand cleavage. *Free Radical Research*, 4693-4699 (2012). DOI :10.3109/10715762.2011.641157. 査読有り
- 10) Shintaro Hara, Reika Isoda, Teemu Tahvanainen, Yasuyuki Hashidoko. Trace amounts of furan-2-carboxylates determine quality of solid plates for bacterial culture. *PLoS One*, accepted (2012). 査読有り
- [学会発表] (計 26 件)
- 1) J. Wongchawalit, Y. Hashidoko, M. Okuyama, H. Mori, S. Chiba, A. Kimura. Preliminary structure determination of water insoluble polysaccharide extracted from soil bacteria. 8th Carbohydrate Bioengineering Meeting, May 12, 2009. Ischia, Naples, Italy.
- 2) Y. Hashidoko, H. Takeda, S. Hasegawa, S. Hara, H. C. Wijaya, U. Darung, L. Melling, R. Hatano. Screening of N<sub>2</sub>O-emitting bacteria from acidic soils and their characteristics under acidic conditions. The 9th International Conference of The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS9). October 27, 2009. Olympic Memorial Hole, Seoul, Korea.
- 3) Y. Hashidoko, H. Takeda, S. Hasegawa, S. Hara, H. C. Wijaya, U. Darung, L. Melling, R. Hatano. Screening of N<sub>2</sub>O-emitting bacteria from tropical peat soils and their characteristics under acidic conditions. Bogor Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management, July 14-15, 2009. Bogor, Indonesia.
- 4) M. Maeda, Y. Sakihama, Y. Hashidoko. Peroxynitrite scavenging activity of betalains isolated from beetroot and its reaction products. *Plant Biology*, July 20, 2009. Honolulu, Hawaii.
- 5) A. Setiawan, 橋床泰之. Interaction between *Sphingomonas* sp. and other functional rhizobacteria via secondary metabolites. 日本農芸化学会年次大会, 2010年3月29日, 東京.
- 6) 原新太郎, 橋床泰之. *Pseudomonas* sp. のスウォーミングはグルマトリックに支配されるか? 日本農芸化学会年次大会, 2010年3月29日, 東京.
- 7) 田中慎人, 崎浜靖子, 橋床泰之. ソテツと *Nostoc* sp. の共生によるソテツ・サンゴ状根形成に関わるシグナル物質の検索. 第45回植物化学調節学会年次大会, 2010年11月1-2日, 神戸, 神戸大学百年記念会館.
- 8) 橋床泰之, Sui-Yan Tang, Lulie Melling, Kah-Joo Goh ニッパヤシ根圏に生息する *Burkholderia* 属細菌群の系統分析とそれらの窒素固定能の検定. 日本土壌肥料学会大会, 2010年9月7日, 札幌, 北大農学部.
- 9) Y. Hashidoko, H. Takeda, U. Darung, L. Melling, R. Hatano. Genetic analysis of active N<sub>2</sub>O-emitting bacteria from tropical peat soils for their nitrous oxide reductase gene. 19th The World Congress of Soil Science, 2011年8月4-8日, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Australia.
- 10) 橋床泰之. 根面・根内微生物の機能性から

みた熱帯植物の負荷土壌耐性戦略. 第 37 回植物資源科学シンポジウム(招待講演). 2011 年 3 月 7 日, 倉敷・倉敷市芸文館ホール.

- 11) Y. Hashidoko. International Symposium on Functional Foods and Bioprocess Technology for Food Industry (Invited Speaker). July 11, 2011. Kyongsan, Korea. (Yong Nam University).
- 12) 橋床泰之, 竹田久隼, 高橋直希, Hanny Wijaya, 波多野隆介, Lulie Melling. 熱帯泥炭土壌の高 N<sub>2</sub>O 生成細菌は nosZ を持っていなかった. 日本土壌肥料学会 2011 年大会, 平成 23 年 9 月 7 日 つくば市、国際会議場.
- 13) 原新太郎, 橋床泰之. 寒天粉末に含まれるフランカルボン酸誘導体は土壌細菌の活動を制限する. 日本土壌肥料学会 2011 年大会, 平成 23 年 9 月 7 日, つくば市、国際会議場.
- 14) Y. Hashidoko, H. Takeda, N. Takahashi, S. Hara, U. Darung, H.C. Wijaya, R. Hatano, L. Melling. Actively N<sub>2</sub>O emitting β-proteobacteria from South East Asian tropical peatland soils - Their physicochemical responses, genetic traits and probable origins -. 5th BioMicroWorld 2011, September 15, 2011, Malaga, Spain.
- 15) Mengcen Wang, Yasuyuki Hashidoko. A rice rhizoplane fungus as a biocontrol agent against rice seedling blight causative *Burkholderia plantarii* via its bioactive secondary metabolites. 第 37 回日本農薬学会大会, 平成 23 年 3 月 15 日, 岡山, 岡山大学津島キャンパス.
- 16) Yasuyuki Hashidoko. Tropical peat soil turns into a potent source of N<sub>2</sub>O emission after inappropriate management of reclaimed peatland. 5th EAFES (East Asian Federation of Ecological Societies) Symposium (Invited speaker). March 18, 2012, Ohtsu, Ryukoku University.

[図書] (計 3 件)

- 1) 原口 昭 (編著), 橋床泰之, 上田直子, 河野知謙 (著), 「生態学入門 生態系を理解する」, 生物研究社, pp. 1-138 (2010).

- 2) 橋床泰之 (執筆分担), 「植物機能のポテンシャルを活かした環境保全・浄化技術」, シーエムシー出版, pp. 261 (うち分担 12 ページ) (2011).

- 3) Y. Hashidoko (執筆分担, 編集分担), 「Tropics in Tropical Peatland 2011 - Summer School Edition -」, IFES-GCOE Liaison Office, Bogor, Indonesia. pp. 261(うち分担 12 ページ).

- 4) [産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

橋床 泰之 (HASHIDOKO YASUYUKI)  
北海道大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号: 40281795

##### (2) 研究分担者

原口 昭 (HARAGUCHI AKIRA)  
北九州市立大学・国際環境工学部・教授  
研究者番号: 50271630

##### (3) 研究分担者

木村 淳夫 (KIMURA ATSUO)  
北海道大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号: 10270919

##### (4) 研究分担者

崎浜 靖子 (SAKIHAMA YASUKO)  
北海道大学・大学院農学研究院・助教  
研究者番号: 10344491

##### (5) 研究分担者

玉井 裕 (TAMAI YUTAKA)  
北海道大学・大学院農学研究院・准教授  
研究者番号: 50281796

##### (6) 研究分担者

松浦 英幸 (MATSUURA HIDEYUKI)  
北海道大学・大学院農学研究院・准教授  
研究者番号: 20344492