

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292054

研究課題名(和文)人工土壌作出による土壌微生物および根圏微生物の動態解明

研究課題名(英文) Dynamics elucidation of soil microorganisms and rhizosphere microorganisms by the artificial soil production

研究代表者

篠原 信 (Shinohara, Makoto)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・野菜花き研究部門 野菜病害虫・機能解析研究領域・上級研究員

研究者番号：90326075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：メタゲノム解析の結果、有機質肥料活用型養液栽培における根圏微生物のうち硝化菌が約1%を占める特異な生態系が明らかとなった。根圏微生物は植物種ごとに異なり、独自の微生物相を示した。根圏微生物から側根促進物質が抽出され、根の発達に大きく関与することが示唆された。単独では病原菌への拮抗性を示さず他の微生物と組み合わせると拮抗作用を示すペアが発見され、創発的な拮抗性が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：As results of metagenomic analysis, organic hydroponics microorganisms contains unique ecosystems that nitrifying bacteria account for about 1 percent of the rhizosphere microorganisms. Rhizosphere microorganisms are affected by plant species, they showed a unique microflora. Extracted compounds from rhizosphere microorganisms promotes the lateral root development, it was suggested that microorganisms are involved significantly in the development of the roots. Pairs of microorganisms showed antagonism to phytopathogenic microorganisms, even if single microorganisms couldn't show antagonism.

研究分野：微生物学

キーワード：有機質肥料活用型養液栽培 人工土壌 メタゲノム 微生物生態系 バイオフィルム 根圏微生物 土壌化 硝化菌

1. 研究開始当初の背景

人類はこれまで、土壌以外の媒体で有機質肥料を使うことができなかった。土壌微生物を非土壌媒体で増殖、活動させる方法が確立されていなかったためである。しかし本研究に先立って、基盤技術となる有機質肥料活用型養液栽培が誕生したことで、状況が一変した。土壌微生物を水中、あるいは他の媒体内で培養することができるようになり、さらに土壌中と同じように有機物を無機養分に分解、植物を育てることができるようになった。いわば非土壌を土壌化する技術、すなわち人工土壌創出技術が誕生したことになる。

2. 研究の目的

土壌は食糧生産の根幹だが、多種多様な土壌鉱物を含み、成分のばらつきが大きいため、これがノイズとなり、土壌微生物の働きを解析的に研究することが困難にしていた。しかし有機質肥料活用型養液栽培技術が誕生したことで、水のような均質の媒体中で土壌微生物を培養・活性化することができるようになり、土壌微生物の動態の解析が非常に容易になった。そこで本研究では、水などの非土壌媒体中で土壌微生物を培養・活性化することで人工土壌を創出し、土壌微生物の機能を解析・解明することを目的とする。

3. 研究の方法

有機質肥料活用型養液栽培の基礎技術である並行複式無機化法(水中で有機物を分解し、アンモニア化成と硝酸化成を同時並行的に進行させ、硝酸などの無機養分を生成する工程)で土壌微生物を水中で培養し、その生態系の変遷をメタゲノムで解析した。その培養液を水耕液として有機質肥料活用型養液栽培を行い、種々植物の根圏に形成されるバイオフィーム(微生物群集構造)を採取、植物の生育ステージに従って根圏微生物がどのような影響を受けるのか、メタゲノム解析した。根圏微生物から分泌される成分が根にどのような影響を与えるのか、成分分析を行った。土壌機能をシンプルな微生物組成で再構成できるか、鰹煮汁を出発物質として硝酸を生成する機能をメルクマールとして検討した。有機質肥料活用型養液栽培に認められる根部病害抑止効果のメカニズムを解明すべく、病原菌を培養液に接種後、どのような推移をたどるのか調べた。また、有機質肥料活用型養液栽培の水耕液から微生物を単離培養し、病原菌との相互作用について検討した。

4. 研究成果

(1) 植物の生育ステージごとの根圏微生物生態系の変遷

植物を定植することで、有機質肥料活用型養液栽培の培養液内の微生物相(根圏微生物の微生物相)にどのような変化が現れるのか、植物の生育ステージごとに微生物(バイオフィーム)を採取し、解析を進めた。

その結果、栽培開始直後に微生物相の大きな変化が現れ、植物が根圏微生物に与える影

響の大きさが示唆された。微生物の DNA の GC 含量の推移の結果からも、根圏微生物の微生物相に植物が大きく影響することが明らかとなった。

(2) 硝化菌の構成

有機質肥料活用型養液栽培で形成される根圏微生物のうち、硝化菌が約 1% を占めることが判明した。自然界では  $10^4$  cfu/g 以上増殖することがほとんどないとされるが、有機質肥料活用型養液栽培ではその 10 万倍と、非常に高菌密度に集積していることが明らかとなった。

(3) 微生物培養工程での変遷

従属栄養細菌と硝化菌を共培養し土壌機能(有機物を無機養分に分解する機能)を水中で再現する実験(並行複式無機化法)を行ったところ、土壌中と比べ微生物相が比較的単純化され、解析しやすい状態になっていることが明らかとなった。

(4) 土壌微生物のモデル系構築

多様で雑多な土壌微生物を、従属栄養細菌 1 菌株と硝化菌 2 菌株(アンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌)だけで再構成することができるか、検証した。

その結果、*Bacillus* 属細菌と硝化菌を組み合わせることで、種々の有機物を硝酸など無機養分に分解する機能を発揮させることに成功した。土壌微生物は無数と言えるほどの多様な微生物が含まれているためにこれまで解析が困難だったが、単純な微生物構成で土壌機能(有機物を無機養分に分解する機能)を再現できたことから、非常に単純な土壌微生物モデル系を構築できる可能性が示唆された。

(5) 創発的拮抗作用

有機質肥料活用型養液栽培の水耕液から微生物を単離培養し、微生物相のうち比較的高い密度で検出される 13 菌株を選抜した。増殖の比較的速い(2 日培養で菌密度が最大になる)6 菌株と増殖の遅い 7 菌株にグループ分けし、病原菌への拮抗作用を調べた。

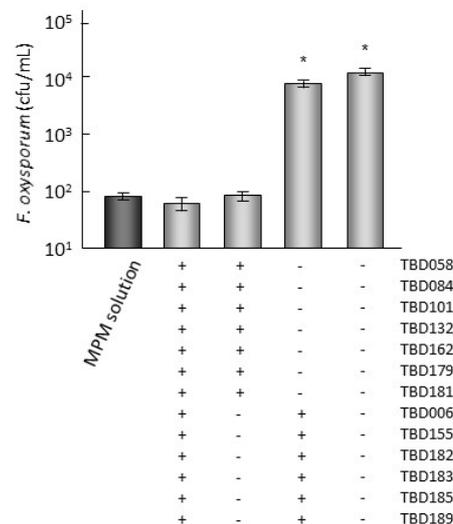


図1 共培養による *F. oxysporum* の増殖抑制効果  
増殖の遅い 7 菌株と早い 6 菌株、あるいは合わせて 13 菌株と共培養し、培養後の *F. oxysporum* の菌密度を調べた。

その結果、増殖の遅い 7 菌株は病原菌の増殖を抑え、拮抗作用を示したが、増殖の速い 6 菌株は拮抗作用を示さなかった。両者を混合した 13 菌株は拮抗作用を示した (図 1)。

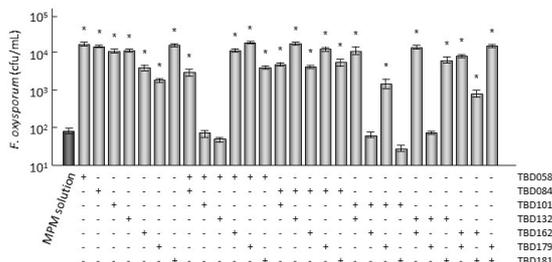


図 2 共培養による *F. oxysporum* の増殖抑制効果  
増殖の遅い 7 菌株から選抜した 1 菌株、あるいは 2 菌株を *F. oxysporum* と共培養し、*F. oxysporum* に対する増殖抑制効果を調べた。

拮抗作用の認められた 6 菌株について詳細に調べたところ、単独では拮抗作用を示さないが、ペアだと拮抗作用を示すものが 5 組見つかった (図 2)。これらの結果から、有機質肥料活用型養液栽培の病害抑制効果は、単独では拮抗作用を示さない菌株同士の組み合わせで初めて現れる創発的な拮抗作用による可能性が示唆された。

#### (6) 根の発達を促進する物質

有機質肥料活用型養液栽培は無機養液栽培と比べ根量が倍程度に発達することから、微生物の分泌する根の成長促進物質を探索した。

その結果、フラボノイド配糖体が候補物質として分離された。本物質の化学構造は既知のものだが、側根発達促進の機能については未報告であり、既知フラボノイド類の新規活性であると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

Fujiwara, K., Iida, Y., Someya, N., Takano, M., Ohnishi, J., Terami, F., Shinohara, M. Emergence of antagonism against the pathogenic fungus *Fusarium oxysporum* by interplay among non-antagonistic bacteria in a hydroponics using multiple parallel mineralization. *J. Phytopathol.* accepted (2016) 査読有

Sakuntala, S., Ando, A., Inukai, R., Shinohara, M. OGAWA, J. Analysis of microbial community and nitrogen transition with enriched nitrifying soil microbes for organic hydroponics. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* accepted (2016) 査読有

Chinta, Y. D., Eguchi, Y., Widiastuti, A., Shinohara, M., Sato, T. Organic hydroponics induces systemic resistance against the air-borne pathogen, *Botrytis cinerea* (gray mould). *J. Plant Inter.* 10(1), 243-251 (2015) 査読有

Ando, A., Tanaka, K., Shima, J., Ogawa, J. Characterization of microbial consortia with high nitrification activity and its application for organic hydroponics. *IFORes. Commun.* 28, 109-113 (2014) 査読有

⑤ Kawamura-Aoyama, C., Fujiwara, K., Shinohara, M., Takano, M. Study on the Hydroponic Culture of Lettuce with Microbially Degraded Solid Food Waste as a Nitrate Source. *JARQ* 48(1), 71-76 (2014) 査読有

篠原信、「渾沌 (カオス)」の制御法... 複合培養系を制御するコツ、*生物工学会誌*, 92, 372-374 (2014) 査読無

⑦ Chinta, Y. D., Kano, K., Widiastuti, A., Fukahori, M., Kawasaki, S., Eguchi, Y., Misu, H., Odani, H., Zhou, S., Narisawa, K., Fujiwara, K., Shinohara, M., Sato, T. Effect of Corn Steep Liquor on Lettuce Root Rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*) in Hydroponic Cultures. *J. Sci. Food Agric.* 94(11), 2317-2323 (2013) 査読有

Fujiwara, K., Iida, Y., Iwai, T., Aoyama, C., Inukai, R., Ando, A., Ogawa, J., Ohnishi, J., Terami, F., Takano, M., Shinohara, M. The rhizosphere microbial community in a multiple parallel mineralization system suppresses the pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *MicrobiologyOpen* 2(6), 997-1009. (2013) 査読有

篠原信、硝酸発酵・・・土壌というカオスの解体、*生物工学会誌*, 91, 613-617(2013)、査読無

〔学会発表〕(計 31 件)

SAIJAI, S. Ando, A., Shimura, Y., Shinohara, M., Ogawa, J. Investigation of organic compounds-mineralizing conditions by designed microbial consortia. 日本農芸化学会 2016 年度大会、2016.3.29、札幌コンベンションセンター

篠原信、太田香菜子、藤原和樹、安藤晃規、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、小川順、高野雅夫、有機質肥料活用型養液栽培に適した微量要素供給剤の開発 2、日本農芸化学会 2016 年度大会、2016.3.29、札幌コンベンションセンター

清水佐知子、安藤晃規、篠原信、有機質肥料活用型養液栽培によるネギ根腐病の発病抑制、平成 28 年度日本植物病理学会大会、2016.3.22、岡山コンベンションセンター

篠原信、有機質肥料活用型養液栽培の開発と現状、日本生物環境工学会 SHITAREPORT、2016.1.22、中央大学駿河台記念館

⑤ SAIJAI, S. Ando, A., Usami, S., Shimura, Y., Shinohara, M., Ogawa, J. Effect of combining heterotrophic and autotrophic nitrifying bacteria on nitrification

process for organic hydroponics. JSBBA KANSAI 2<sup>nd</sup> Student Forum 農芸化学会関西支部提案公募事業、2015.11.28、京都大学

種村竜太、大川原真、石井治彦、安藤晃規、篠原信、人工光リーフレタス栽培における有機質肥料活用技術の開発(第1報)品質と養分吸収率、園芸学会平成27年度秋季大会、2015.9.27、徳島大学常三島キャンパス

⑦植田直人・角田真一・篠原信・大塩貴寛・丸尾達、未利用資源を活用したバッグカルチャーによる高品質トマト生産技術の開発、園芸学会平成27年度春季大会、2015.3.28、千葉大学西千葉キャンパス

篠原信、硝酸発酵・・・根と土壌を解明するブレイクスルー、日本農芸化学会2015年度大会シンポジウム講演(招待講演)、2015.3.29、岡山大学

SAIJAI, S. Ando, A., Mizobuchi, H., Usami, S., Shimura, Y. Miyamoto, K., Kato, Y., Asakawa, S., Shinohara, M., Ogawa, J. Construction of a model nitrifying bacteria community for organic hydroponics. 日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

宇佐美晶子、安藤晃規、志村悠暉、犬飼龍矢、池本成美、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、藤原和樹、篠原信、小川順、硝化特性が向上した微生物群集からの亜硝酸酸化菌の単離取得、日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

藤原和樹、高田惟名、安藤晃規、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、小川順、高野雅夫、篠原信、有機質肥料活用型養液栽培の改良を目的とした硝化菌の有機成分耐性の研究、日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

篠原亘、吉田昭介、川上了史、安藤晃規、小川順、加藤康夫、浅川晋、篠原信、宮本憲二、有機質肥料活用型養液栽培における硝化菌および硝化関連遺伝子の動態解析、日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

宇佐美晶子、藤和和樹、溝久恭、安藤晃規、サイジヤイサクンタラ、志村悠暉、篠原信、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、小川順、有機質肥料活用型養液栽培に有用な微生物群集における病原性細菌の解析、日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

篠原信、太田香菜子、藤原和樹、安藤晃規、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、小川順、高野雅夫、有機質肥料活用型養液栽培に適した微量金属元素供給資材の開発、日本農芸化学会2015年度大会、2015.3.29、岡山大学

SAIJAI, S. Ando, A., Usami, S., Shinohara, M., Ogawa, J. Effects of heterotrophic bacteria in the designed nitrifying microbial consortia for organic hydroponics、第67回日本生物工学会大会、2015.10.26、城山観光ホテル

小川順、安藤晃規、微生物が駆動する窒素

循環と土壌の熟成、第67回日本生物工学会大会日本生物工学会シンポジウム、2015.10.28、城山観光ホテル

Fujiwara, K., Iida, Y., Someya, N., Ando, A., Ogawa, J., Kato, Y., Miyamoto, K., Takano, M., Ohnishi, J., Terami, F., Shinohara, M. Contribution of The Rhizosphere Microbial Community to Fusarium wilt suppressiveness In multiple parallel mineralization system. XVI International Congresson Molecular Plant-Microbe Interactions. 2014.7.9 Rodos Palace hotel, Greece

篠原亘、吉田昭介、篠原信、安藤晃規、小川順、加藤康夫、浅川晋、有機肥料活用型養液栽培における根圏微生物叢の経時変化解析、日本農芸化学会関東支部2014年度支部大会、2014.10.18、埼玉大学

安藤晃規、宇佐美晶子、犬飼龍矢、溝淵久恭、池本成美、篠原亘、宮本憲二、加藤康夫、藤原和樹、浅川晋、篠原信、小川順、有機養液栽培における硝化関連微生物群集の解析、環境微生物系学会合同大会、2014.10.20、アクトシティ浜松

SAIJAI, S. Ando, A., Shinohara, M., Ogawa, J. Analysis of pathogenic bacteria in the microbial community useful for organic hydroponic culture. 2014年度日本農芸化学会関西支部大会、2014.9.20、奈良先端科学技術大学院大学

21. 宇佐美晶子、安藤晃規、犬飼龍矢、溝淵久恭、池本成美、Saijai Sakuntala, 島純、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、篠原信、小川順、硝化特性が向上した微生物群集からの亜硝酸酸化菌の単離の試み、2014年度日本農芸化学会関西支部大会、2014.9.20、奈良先端科学技術大学院大学

22. 加藤康夫、藤城迪子、伊藤純平、野村泰治、荻田信二郎、篠原信、混合栄養緑藻 *Pododhriellafalcata* によるトリグリセリドの高蓄積、生物工学会2014年度大会、2014.9.10、札幌コンベンションセンター

23. SAIJAI, S. Ando, A., Inukai, T., Mizobuchi, H., Ikemoto, N., Usami, S., Shima, J., Miyamoto, K., Kato, K., Asakawa, S., Shinohara, M., Ogawa, J. Analysis of pathogenic bacteria from the microbial community of organic hydroponic culture. 生物工学会2014年度大会、2014.9.9、札幌コンベンションセンター

24. 宇佐美晶子、安藤晃規、犬飼龍矢、溝淵久恭、池本成美、Saijai Sakuntala、島純、宮本憲二、加藤康夫、浅川晋、篠原信、小川順、有機質肥料活用型養液栽培に有用な微生物群集からの亜硝酸酸化菌の単離、生物工学会2014年度大会、2014.9.9、札幌コンベンションセンター

25. 藤原和樹、染谷信孝、飯田祐一郎、安藤晃規、大西純、小川順、加藤康夫、宮本憲二、高野雅夫、寺見文宏、篠原信、有機質肥料活

用型養液栽培からの分離菌株が *Fusariumoxysporum*f.sp.lactucae に及ぼす影響、日本植物病理学会、2014.6.3、札幌コンベンションセンター

26.赤木美咲、米田恒明、服部亜紀、篠原信、木村真人、浅川晋、有機質肥料活用型養液栽培法を用いた水稻根圏微生物群集解析の試み、日本農芸化学会2014年度大会、2014.3.30、明治大学生田キャンパス

27.篠原亘、吉田昭介、安藤晃規、小川順、加藤康夫、浅川晋、篠原信、宮本憲二、次世代シーケンサーによる有機養液栽培における根圏微生物叢の経時変化解析、日本農芸化学会2014年度大会、2014.3.30、明治大学生田キャンパス

28.宇佐美晶子、安藤晃規、犬飼龍矢、溝淵久恭、池本成美、島純、篠原亘、吉田昭介、宮本憲二、加藤康夫、藤原和樹、浅川晋、篠原信、小川順、有機質肥料活用型養液栽培における硝化関連微生物群集の動態解析、日本農芸化学会2014年度大会、2014.3.30、明治大学生田キャンパス

29.藤原和樹、染谷信孝、飯田祐一郎、安藤晃規、大西純、小川順、加藤康夫、宮本憲二、高野雅夫、寺見文宏、篠原信、有機質肥料活用型養液栽培における根圏微生物群が *Fusariumoxysporum*f.sp.lactucae に及ぼす影響、日本農芸化学会2014年度大会、2014.3.30、明治大学生田キャンパス

30.篠原信、岩井喬、藤原和樹、河邑ちひろ、小川順、安藤晃規、加藤康夫、宮本憲二、高野雅夫、浅川晋、土壌化技術を利用した無機肥料の製造と有機質肥料活用型養液栽培、日本農芸化学会2014年度大会、2014.3.30、明治大学生田キャンパス

31.篠原信、藤原和樹、青山ちひろ、岩井喬、高野雅夫、硝酸化成を可能にする人工土壌作出法、2013年度日本土壌肥料学会、2013.9.12、名古屋大学東山キャンパス

〔図書〕(計10件)

北林広隆、篠原信、有機質肥料活用型養液栽培富山ヘルシーグリーンズハウスの取り組み、ハイドロポニックス(日本養液栽培研究会)29(2)、34-35(2016)

篠原信、カツオ煮汁を用いる野菜の水耕栽培技術開発、復興促進プログラムマッチング促進/産学共創成果事例集2016、2、75(2016)

篠原信、有機質肥料活用型養液栽培システム、農研機構技術2015、\*、7(2015)

藤原和樹、篠原信、有機質肥料活用型養液栽培における根圏微生物群は植物病原菌を制御する、バイオサイエンスとインダストリー、73、45-46(2015)

⑤篠原信、有機質肥料活用型養液栽培マニュアル第1版、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所(2014)

篠原信、有機質肥料活用型養液栽培システム、グリーンレポート、30(9)、16-17(2014)

⑦篠原信、有機質肥料活用型養液栽培の現状、

ハイドロポニックス(日本養液栽培研究会)28(1)、38-39(2014)

篠原信、土壌を創る、温故知新、51、117-123(2014)

篠原信、主要野菜の栽培に適した有機質肥料活用型養液栽培の実用化、研究紹介2013、\*、31-32(2014)

篠原信、有機質資源を短期間で無機化、エネルギーを必要としない新技術-CO2排出量の大幅な抑制に期待-、JATAFFjournal、1(4)、60-64(2013)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称:無機肥料の製造法

発明者:篠原信

権利者:農研機構

種類:特許

番号:特願2013-177701

出願年月日:2013年8月29日

国内外の別:国内

取得状況(計13件)

名称:並行複式無機化反応の触媒として最適化された微生物群の種菌の製造技術

発明者:篠原信

権利者:農研機構

種類:特許

番号:HK1154397

取得年月日:2015年3月6日

国内外の別:香港

名称:並行複式無機化反応を行う微生物群が固定化された固体担体、触媒カラム、および、植物栽培用固形培地の製造方法

発明者:篠原信

権利者:農研機構

種類:特許

番号:特許5686352号

取得年月日:2015年1月30日

国内外の別:国内

名称:並行複式無機化反応の触媒として最適化された微生物群の種菌の製造技術

発明者:篠原信

権利者:農研機構

種類:特許

番号:ZL200980130656.2

取得年月日:2014年7月23日

国内外の別:中国

名称:並行複式無機化反応を行う微生物群が固定化された固体担体、触媒カラム、および、植物栽培用固形培地の製造方法

発明者:篠原信

権利者:農研機構

種類:特許

番号:HK1154396

取得年月日:2014年5月2日

国内外の別:香港

名称：バイオミネラル含有物の製造方法および有機養液栽培法  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：10-2009-7011225  
取得年月日：2013年11月21日  
国内外の別：韓国

名称：並行複式無機化反応を行う微生物群が固定化された固体担体、触媒カラム、および、植物栽培用固形培地の製造方法  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：特許第5414090号  
取得年月日：2013年10月29日  
国内外の別：国内

名称：植物栽培用養液の製造法  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：特許第5392800号  
取得年月日：2013年10月25日  
国内外の別：国内

名称：並行複式無機化反応の触媒として最適化された微生物群の種菌の製造方法  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：特許第5388096号  
取得年月日：2013年10月18日  
国内外の別：国内

名称：並行複式無機化反応の触媒として最適化された微生物群の種菌の製造技術  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：10-2010-7028392  
取得年月日：2013年9月4日  
国内外の別：韓国

名称：並行複式無機化反応を行う微生物群が固定化された固体担体、触媒カラム、および、植物栽培用固形培地の製造方法  
発明者：篠原信  
権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：10-2010-7028391  
取得年月日：2013年8月25日  
国内外の別：韓国

名称：並行複式無機化反応を行う微生物群が固定化された固体担体、触媒カラム、および、植物栽培用固形培地の製造方法  
発明者：篠原信

権利者：農研機構  
種類：特許  
番号：200980129849.6  
取得年月日：2013年8月25日  
国内外の別：中国

〔その他〕  
ホームページ等  
[http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2013/13\\_040.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2013/13_040.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

篠原信(Shinohara, Makoto)  
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 野菜病害虫・機能解析研究領域 病害ユニット・上級研究員  
研究者番号：90326075

### (2) 研究分担者

小川順(Ogawa, Jun)  
京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授  
研究者番号：70281102

安藤晃規(Ando, Akinori)  
京都大学・学内共同利用施設等・助教研究者  
番号：10537765

加藤康夫(Kato, Yasuo)  
富山県立大学・工学部・教授  
研究者番号：20254237

野村泰治(Nomura, Taiji)  
富山県立大学・工学部・講師  
研究者番号：40570924

荻田信二郎(Ogita, Shinjiro)  
県立広島大学・生命環境学部・教授  
研究者番号：50363875

宮本憲二(Miyamoto, Kenji)  
慶應義塾大学・理工学部・准教授  
研究者番号：60360111

吉田昭介(Yoshida, Shosuke)  
京都大学・工学研究科・特定研究員(産官学連携)  
研究者番号：80610766