

第3部門 土 壤 生 物

土 壤 生 化 学

佐伯和利

1. 総説・解説

國頭 (2008) によって, 2004年から2007年にかけて本学会会員関係者が論文発表した土壌生化学分野の研究(46編)がまとめられた。土壌ガス採取の手段としての膜分離法の利用が解説された(柳井・常田, 2009)。有機質資材を施用した土壌における, リンの存在形態, 形態変化, 微生物-植物間のリン獲得競争, 微生物バイオマスリンの定量の4題が総説化された(武田, 2010)。土壌, 鋳物, 腐植物質へのDNA吸着に関する研究がまとめられた(佐伯ら, 2010; Saeki and Kunito, 2010)。

2. 測定・分析法

土壌微生物による炭素資化過程の熱分析による解析が試みられ, 培養困難微生物に応用でき, 汚染や浄化に伴う微生物活性変動の評価への使用が期待された(坂宮ら, 2008)。微生物バイオマス炭素量と代謝指数に対する土壌pHの影響は, 測定方法(薫蒸抽出法と基質誘導呼吸法)によって現れ方が異なった(Sawada *et al.*, 2009b)。クロロホルム薫蒸抽出-バイオマス窒素の測定手順に, ペルオキシ二硫酸カリウム分解-紫外吸光度法が応用された(小森ら, 2009)。Zero-Order型の土壌呼吸速度の解析に, 最大呼吸速度を含み, 微生物増殖を考慮しないMichaelis-Menten式に基づいたモデルが提案された(Sawada *et al.*, 2010)。

3. 土壌バイオマス・土壌呼吸量

世界各地[タンザニア(Sugihara *et al.*, 2010b), タイ(Sugihara *et al.*, 2010a), 中国南部(Liu *et al.*, 2010)]や特殊環境[火山周辺の酸性土壌(Watanabe *et al.*, 2010)]における土壌バイオマスが測定され, 微生物と作物との間で窒素獲得競争, 乾湿変動が与える炭素・窒素動態への影響, 極酸性化による微生物活性抑制等の結果が報告された。多腐植質黒ボク土の, インゲン豆へのリン供給能を評価する指標として土壌微生物バイオマスリン量が優れていることが示された(Sugito *et al.*, 2010)。

土壌微生物が持つ, グルコース消費量に対する呼吸量割合を増加させるためのグルコース濃度の閾値について報告された(Sawada *et al.*, 2008; 2009a)。

4. 酵素活性・生分解

黒ボク土中の土壌プロテアーゼ活性へのカドミウムによる阻害は粘土(アロフェン主体)添加で回復しなかった(Shahriari *et al.*, 2010)。土壌に窒素だけの添加では, β -

D-グルコシダーゼ活性が上昇し, ポリフェノール酸化酵素活性が低下し, 窒素とリンの添加では, ポリフェノール酸化酵素活性が増大した(Kunito *et al.*, 2009)。ポプラの植え込みに生草をすきこむことによって, 根圏の土壌酵素活性が増加した(Fang *et al.*, 2010)。

土壌消毒は施肥適用にかかわらず線虫を死滅させる一方, 土壌消毒に対するセルロース分解活性のレジスタンスとレジリエンスは堆肥連用により高められた(Fujino *et al.*, 2008)。アミド系の除草剤(metolachlor)の土壌中の吸・脱着と分解・消失(Si *et al.*, 2009)が, 枯草菌(*B. subtilis*)による花崗岩(granite)の生化学的風化が調べられた(Song *et al.*, 2010)。

5. メタン・エチレン・核酸

温帯マツ林植生下で, エチレンとメタンの土壌からの生成を現場測定し, 窒素源として尿素を加えると, 瞬間的なガス生成増加がみられ(Xu and Inubushi, 2008)。気温が高くなると生成量が増加した(Xu and Inubushi, 2009b)。温帯火山性森林植生下で, 土壌内のエチレン生成(特に多雨後)が, 表層土壌の大気中メタン消費能にいくぶん影響を与え(Xu and Inubushi, 2009a), 低土壌pHでメタン消費の抑制効果を悪化させることが分かった(Xu and Inubushi, 2009c)。

溶菌条件の最適化とスピンカラムによる抽出液浄化を組み合わせることで, 土壌からのRNA抽出過程での腐植酸の除去に成功した(Wang *et al.*, 2009)。土壌DNAの抽出を向上させるために用いられる3つの添加物(スキムミルク, カゼイン, RNA)が精査された(Ikeda *et al.*, 2008)。DNA抽出効率の向上とともに, 遺伝子組換え作物の安全性の把握から, 土壌, 鋳物, 腐植物質へのDNAの吸着が調べられた(Saeki and Sakai, 2009; Saeki *et al.*, 2008, 2010a, 2010b; 佐伯ら, 2009)。

文 献

- Fang, S., Liu, J., Liu, D., and Xie, B. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 483-491.
- Fujino, C., Wada, S., Konoike, T., Toyota, K., Suga, Y., and Ikeda, Jh-I. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 534-542.
- Ikeda, S., Tsurumaru, H., Wakai, S., Noritake, C., Fujishiro, K., Akasaka, M., and Ando, K., 2008. *Microbes Environ.*, 23, 159-166.
- 小森 研香・堀 兼明・宮丸直子・須賀有子・福永亜矢子・池田順一 2009. 土肥誌, 80, 37-40.
- 國頭 恭 2008. 土肥誌, 79, 549-551.
- Kunito, T., Akagi, Y., Park, H.D., and Toda, H. 2009. *Eur. J. Forest Res.* 128, 361-366.
- Liu, S., Li, Y., Wu, J., Huang, D., Su, Y., and Wei, W. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 693-704.
- Saeki, K., and Sakai, M. 2009. *Microbes Environ.* 24, 175-179.

- Saeki, K., and Kunito, T. 2010. *In A. Mendez-Vilas (ed.) Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology Vol. 2.* p. 188-195. Formatec, Badajoz.
- Saeki, K., Morisaki, M., and Sakai, M. 2008. *Microbes Environ.* 23, 353-355.
- 佐伯和利・森田崇嗣・境 雅夫 2009. 九大農学芸雑誌, 64, 31-37.
- Saeki, K., Kunito, T., and Sakai, M. 2010a. *Biol. Fertil. Soils.*, 46, 521-535.
- 佐伯和利・境 雅夫・國頭 恭 2010. 土と微生物, 64, 113-122.
- Saeki, K., Sakai, M., and Wada, S-I. 2010b. *Appl. Clay Sci.* 50, 493-497.
- 坂宮章世・近藤沙紀・三宅英雄・妹尾啓史・田中晶善 2008. 熱測定, 35, 134-140.
- Sawada, K., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 216-223.
- Sawada, K., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2009a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 363-374.
- Sawada, K., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2009b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 634-642.
- Sawada, K., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 570-578.
- Shahriari, F., Higashi, T., and Tamura, K. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 560-569.
- Si, Y., Takagi, K., Iwasaki, A., and Zhou, D. 2009. *Pest Manag. Sci.* 65, 956-962.
- Song, W., Ogawa, N., Oguchi, C. T., Hatta, T., and Matsukura, Y. 2010. *Geomorphologie*, 2010 No.4, 327-336.
- Sugihara, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2010a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 813-823.
- Sugihara, S., Funakawa, S., Kilasara, M., and Kosaki, T. 2010b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 105-114.
- Sugito, T., Yoshida, Y., Takebe, M., Shinano, T., and Toyota, K. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 390-398.
- 武田容枝 2010. 土と微生物, 64, 25-32.
- Wang, Y., Morimoto, S., Ogawa, N., Oomori, T., and Fujii, T. 2009. *J. Appl. Microbiol.* 107, 1168-1177.
- Watanabe, M., Yamamura, S., Takamatsu, T., Koshikawa, M. K., Hayashi, S., Murata, T., Saito, S.S., Inubushi, K., and Sakamoto, K. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 123-132.
- Xu, X., and Inubushi, K. 2008. *Chin. Sci. Bull.* 53, 1087-1093.
- Xu, X., and Inubushi, K. 2009a. *Biol. Fertil. Soils*, 45, 265-271.
- Xu, X., and Inubushi, K. 2009b. *Chin. Sci. Bull.* 54, 1428-1433.
- Xu, X., and Inubushi, K. 2009c. *Eur. J. Soil Sci.*, 60, 489-498.
- 柳井洋介・常田岳志 2009. 土と微生物, 63, 26-31.

土 壌 病 害

村上弘治

1. 病原性生物の特性・動態および検出・定量

分子生物学的手法の利用などにより病原性生物の特性解明や検出・定量技術に多くの進展がみられた。細菌の病原性制御に関わるクオラム・センシングとその阻害による病害抑制の解説がなされ(篠原, 2008), 青枯病菌(*Ralstonia solanacearum*)のクオラム 3-OH PAME (3

-hydroxypalmitic acid methyl ester)の分解酵素を用いた病原性抑制効果が示された(Shinohara *et al.*, 2007)。病原細菌は植物細胞に遭遇するとエフェクター(タンパク性因子)を植物細胞内に注入して抵抗反応や病原性発現をもたらすことが明らかになった(露無ら, 2008)。FCD1 遺伝子は *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* では cellobiose: quinon oxydoreductase をコードしていたが, 他分化型でもみられるため, 宿主特異性との関連はないと考えられた(Kawabe *et al.*, 2008)。

Lupinus luteus を用いた土壌中の白紋羽病菌密度推定法が開発された(Nakamura *et al.*, 2008)。根こぶ病菌の休眠孢子発芽を識別する二重蛍光染色法が開発され, 根圏土壌では発芽率が高いが pH7 前後では非根圏土壌と差はなかった(Niwa *et al.*, 2008)。pH や Ca 濃度が高いほど根こぶ病菌休眠孢子的発芽は抑制されるものの, 根毛感染の方が影響は顕著であった(村上・畔柳, 2008)。ハクサイやおとり植物作付け等に伴う休眠孢子密度および発病度の変動を推定できるモデルが作成された(Tsushima *et al.*, 2010)。

対象病原菌等を固定した酸素電極により検定土壌懸濁液中の酸素濃度変化から土壌を評価するバイオセンサーが開発された(Hashimoto *et al.*, 2008)。

DNA 解析に基づく各種線虫の九州地域における分布が明らかにされた(岩堀, 2009)。土壌から線虫 DNA を効率的に抽出してリアルタイム PCR を用いるサツマイモネコブセンチュウ(Toyota *et al.*, 2008), ダイズシストセンチュウ(Goto *et al.*, 2009), ジャガイモシストセンチュウ(Goto *et al.*, 2010), キタネグサレセンチュウ(Sato *et al.*, 2010)の定量法が開発され, その際の注意点とともに解説された(豊田ら, 2008, 2010)。ダイコン被害予測のためにはキタネグサレセンチュウ密度を下層でも調査する必要があり, 作付け前土壌 20 g あたり 2.5 頭以下では被害はなく, 被害がばらつく 3.4~8 頭では線虫群集構造で評価できる可能性が認められた(Sato *et al.*, 2009)。

2. 防除技術

生物機能を利用した技術を中心に数多くの報告がなされた。また, 麦類の赤かび病によるかび毒と生産工程におけるかび毒汚染防止・低減技術について解説がなされた(中島, 2009)。

1) 土壌環境の改善

ジャガイモそうか病に発病抑止的な Umbric Andosol では水溶性 Al 含量が高く, 土壌溶液中 Al 濃度も土壌水分含量に応じて高い傾向がみられ, かん水による発生制御の可能性が認められた(Yoshida and Mizuno, 2008)。水田後作のタカナ栽培でも転炉スラグにより根こぶ病の発病は低減した(村上ら, 2009b)。転炉スラグ施用量を現場レベルで簡易に決める方法が開発され(村上・後藤, 2008), 土壌 pH 改良効果の持続性や微量要素欠乏防止, 水田裏作での利用時の課題などが解説された(村上・後藤, 2009a, 2009b)。

2) 有機質資材の利用

メタン発酵消化液の施用で土耕栽培でのトマト青枯病やレタス根腐病、軽石培地養液栽培でのトマト青枯病やサラダナおよびハウレンソウ苗木枯病が抑制され、サラダナ根腐病の発病は遅延した(甘利ら, 2008)。刈芝の蒸気処理過程で排出される処理液は *Rhizoctonia solani* に対して抗菌活性を示し、酢酸、ギ酸、プロピオン酸が関与していた(Ushiwata *et al.*, 2009)。*R. solani* および *Pythium ultimum* によるテンサイ苗木枯病に対してコマツナなどの乾燥粉末残さを施用すると部分殺菌土壌(65~70°C, 30分間)では混和直後に、非殺菌土壌では混和25日後に発病等が抑制された(糟谷ら, 2010)。粉末キチン、カニガラ、米ぬかは根こぶ病菌密度を低減するとともに、発病を軽減した(村上ら, 2009a)。アワユキセンダングサの煮沸抽出液はサツマイモネコブセンチュウに対して根こぶ形成抑制と密度抑制効果を示したが、自活性線虫を含め他の土壤微生物に対する影響は小さかった(田場ら, 2010)。

3) 生物的防除

隔離床試験でも資材化した *Bacillus* 属菌はトウガラシマイルドモットルウイルスを不活化する効果を示し、移植苗の *Ralstonia* 属菌培養液への浸漬処理との組み合わせで効果が高まった(池頭ら, 2010)。本ウイルスにセルラーゼを混ぜると植物葉に局部病斑をもたらす能力を失い、植物葉にセルラーゼ液を前処理しておくで感染植物数を抑制できた(Oka *et al.*, 2008)。

Herbaspirillum huttiensis をトマト種子に処理するとトマトでも内生し、生育促進効果と青枯病発病抑制効果が得られた(奈良ら, 2008)。軽石培地を用いたトマトの養液栽培において拮抗菌とともにリジンを追加すると発病率の低下がみられたが、*R. pickettii* K20株では収量や品質への影響はなかったものの、*Pseudomonas fluorescens* MelRC2Rif株では収量が低下した(井川ら, 2008)。リジンやセリンではチロシンやバリンよりも非根圏、根圏、根面の青枯病菌数が減少し、全細菌数が増大した。リジン添加土壌における根面細菌群集はPCR-DGGE法で特徴的なバンドがみられた(Posas and Toyota, 2010)。*Burkholderia nodosa* G5. 2. rif1株はスクロースとともに軽石培地に接種すると青枯病に対する抑制性が安定し、また、トマトとハウレンソウのフザリウム病に対しても発病抑止効果を示した(Nion and Toyota, 2008)。土壌中のジャガイモそうか病遺伝子 *nec1* コピー数は発病塊莖率と相関がみられ、そうか病抑制因子であるアルミニウムイオンとは負の相関があった。*nec1* コピー数の多い圃場でも施肥改善と拮抗菌 *Trichoderma asperellum* F-288株により防除できた(小山, 2009)。

Paenibacillus BRF-1株を接種した土壌で育苗するとダイズ落葉病菌の発病が軽減され、拮抗菌懸濁液への種子浸漬により生長が促進された(Zhou *et al.*, 2008)。トマト根腐萎凋病の拮抗菌 *P. fluorescens* FPH9601株含有資材は圃場でも発病遅延効果が得られ、病原菌密度によるものの、

トマト根への病原菌の侵入や根内病原菌数が抑制された(岩本・相野, 2008)。

加熱処理土壌に菌根菌を接種するとイチジク株枯病枯死率が低下した(三輪ら, 2010)。*Azospirillum* sp. B510株を水稻に接種するとイネいもち病とイネ白葉枯病に対する抵抗性が増大したが、抗菌性物質産生やサリチル酸集積はなく、抵抗性関与遺伝子の発現もほとんどなかった(Yasuda *et al.*, 2009)。

植物油製造時の副産物廃白土と戻し堆肥を加えて密閉縦型発酵方式で牛ふんを堆肥化すると *Bacillus* 属菌を高濃度で増殖させることができ(村上ら, 2010a)、トマト根腐萎凋病(鈴木ら, 2008)や根こぶ病(村上ら, 2010b)に対する抑制作用が得られた。

ミミズの分類や特性などについて解説し、土壤微生物に対する影響や土壤病害抑制への試みなどミミズ利用の新たな展開を紹介した(豊田, 2009)。

4) 土壤消毒

土壌にメチオン、尿素ポリマー、石灰窒素を添加して太陽熱消毒するとレタスビックベイン病に対する防除効果が増大した(Iwamoto and Aino, 2008)。堆肥施用、施肥、畝立て後に陽熱消毒を行うと大腸菌を検出限界以下に低減できるが、硝化菌の復元が遅く、アンモニア態窒素の蓄積による障害が懸念された(西原, 2008)。生物的土壤消毒法によりトマト萎凋病菌は処理9日後には検出されなくなり、青枯病菌は移植後4週間の発病が低減し、pHとECの低下、酢酸と酪酸の蓄積、揮発性成分の関与が認められた。また、PCR-DGGE法で特徴的なバンドが得られ、嫌気性の *Clostridium* sp. や *Enterobacter* sp. と相同性が高かった(Momma, 2008)。

文 献

- 甘利 誠・豊田剛己・Islam, T. M.・増田和成・黒田哲生・渡辺 昭 2008. 土と微生物, 62, 106-113.
- Goto, K., Sato, E., Gang, L.F., Toyota, K., Sugito, T. 2010. *Nematol. Res.*, 40, 41-45.
- Goto, K., Sato, E., and Toyota, K. 2009. *Nematol. Res.*, 39, 1-7.
- Hashimoto, Y., Nakamura, H., Asaga, K., and Karube, I. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 35-39
- 井川岳士・井出磨美・Nion, Y. A.・豊田剛己・黒田哲生・増田和成 2008. 土と微生物, 62, 9-14.
- 池頭靖夫・野口勝憲・浜田博幸・津田新哉 2010. 土と微生物, 64, 11-17.
- 岩堀英晶 2009. 土と微生物, 63, 78-83.
- 岩本 豊・相野公孝 2008. 土と微生物, 62, 3-8.
- Iwamoto, Y., and Aino, M. 2008. 土と微生物, 62, 15-19.
- 糟谷正広・本條 均・福井 糧 2010. 土と微生物, 64, 81-88.
- Kawabe, M., Okabe, A., Teraoka, T., and Arie, T. 2008. 土と微生物, 62, 43-47.
- 小山 修 2009. 土と微生物, 63, 84-88.
- 三輪由佳・細見彰洋・石井孝昭 2010. 土と微生物, 64, 89-94.
- Momma, N. 2008. *JARQ*, 42, 1-7.
- 村上弘治・畔柳有希子 2008. 土肥誌, 79, 77-79.
- 村上弘治・畔柳有希子・對馬誠也・宍戸良洋 2009a. 土と微生物,

- 63,3-8.
- 村上圭一・後藤逸男 2008. 関西病虫研報, 50, 97-98.
- 村上圭一・後藤逸男 2009a. 化学と生物, 48, 608-613.
- 村上圭一・後藤逸男 2009b. 圃場と土壌, 41, 22-27.
- 村上圭一・鈴木啓史・加藤直人 2010a. 土肥誌, 81, 343-349.
- 村上圭一・鈴木啓史・黒田克利・加藤直人 2010b. 関西病虫研報, 52, 93-94.
- 村上圭一・山本有子・後藤逸男 2009b. 関西病虫研報, 51, 67-68.
- 中島 隆 2009. 土と微生物, 63, 89-92.
- Nakamura, H., Sasaki, A., Yoshida, K., Shimane, T. 2008. 土と微生物, 62, 126-129.
- 奈良吉主・加藤孝太郎・河原崎秀志・田淵浩康・後藤正夫・寺岡 徹・有江 力・木嶋利男 2008. 土と微生物, 62, 33-41.
- Nion, Y.A., and Toyota, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 134-141.
- 西原基樹 2008. 土肥誌, 79, 393-396.
- Niwa, R., Nomura, Y., Osaki, M., and Ezawa, T. 2008. *Plant Pathol.*, 57, 445-452.
- Oka, N., Ohki, T., Honda, Y., Nagaoka, K., Takenaka, M. 2008. *J. Phytopathol.*, 156, 65-67.
- Posas, M.B., and Toyota, K. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 83-94.
- Sato, E., Goto, K., Min, Y.Y., Toyota, K., and Suzuki, C. 2010. *Nematol. Res.*, 40, 1-6.
- Sato, E., Min, Y.Y., Toyota, K., and Takada, A. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 478-484.
- 篠原 信 2008. 日本農薬学会誌, 33, 90-94.
- Shinohara, M., Nakajima, N., and Uehara, Y. 2007. *J. Appl. Microbiol.*, 103, 152-162.
- 鈴木啓史・村上圭一・黒田克利 2008. 関西病虫研報, 50, 95-96.
- 田場 聡・島袋由乃・安次富厚・諸見里善一 2010. 土と微生物, 64, 95-100.
- 豊田剛己 2009. 農及園, 84, 213-218.
- 豊田剛己・佐藤恵利華・後藤圭太・白樫知明 2008. 植物防疫, 62, 571-575.
- 豊田剛己・佐藤恵利華・Min, Y.Y., 後藤圭太 2010. 植物防疫, 64, 707-712.
- Toyota, K., Shirakashi, T., Sato, E., Wada, S., and Min, Y.Y. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 72-76.
- Tsushima, S., Murakami, H., Akimoto, T., Katahira, M., Kuroyanagi, Y., and Shishido, Y. 2010. *JARQ*, 44, 383-390.
- 露無慎二・藤川貴史・駒井慶子・木村 幸・小松節子・平田久笑 2008. 土と微生物, 62, 102-105.
- Ushiwata, S., Amemiya, Y., and Inubushi, K. 2009. *J. Gen. Plant Pathol.*, 75, 312-315.
- Yasuda, M., Isawa, T., Shinozaki, S., Minamisawa, K., and Nakashita, H. 2009. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 73, 2595-2599.
- Yoshida, H., and Mizuno, N. 2008. 土と微生物, 62, 49-53.
- Zhou, K., Yamagishi, M., and Osaki, M. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 870-875.

共生 その1 窒素固定

佐伯雄一

1. 根粒菌との共生窒素固定

1) 根粒菌の多様性

感染ダイズ根粒菌の群集構造解析法が報告され (Saeki *et al.*, 2008; 佐伯, 2009), 土壌 pH や宿主遺伝子型を指標にダイズ根粒菌群集構造解析が行われた (Suzuki *et al.*, 2008; Minami *et al.*, 2009). ダイズ品種によって根粒菌の共感染割合が異なり (Nguyen *et al.*, 2010a), 根粒菌の種類や相対密度に依存した (Nguyen *et al.*, 2010b). ヒマラヤ山脈の土着ダイズ根粒菌は高度依存的分布を示した (Risal *et al.*, 2010). 土壌マイクロコスムの長期培養による根粒菌占有率に温度依存性が認められた (Saeki *et al.*, 2010). 土壌中のダイズ根粒菌密度の評価法として Competitive PCR 法の有用性が示された (尾崎・磯井, 2010). *Sinorhizobium fredii* は構造の異なる ITS 領域を有していた (Saeki *et al.*, 2009). 日本の土着カウピー根粒菌には, *Bradyrhizobium yuanmingense* が優占していた (Sarr *et al.*, 2009). *Frankia* の宿主範囲と 16S rDNA 配列による系統学的分類が一致した (Nagashima *et al.*, 2008).

2) 根粒菌と宿主の遺伝子解析

ダイズ *Rj2* 遺伝子型との親和性に関する根粒菌の候補遺伝子が同定された (Tsurumaru *et al.*, 2008). N₂O 還元酵素活性を高めた *Bradyrhizobium japonicum* 株の特性が調べられた (Itakura *et al.*, 2008). *B. japonicum* はチオ硫酸を電子供与体, 酸素を電子受容体とする化学合成独立栄養性を有し (Masuda *et al.*, 2010a), CO₂ 固定経路はカルビン・ベンソン・パッシヤム回路であった (Masuda *et al.*, 2010b). 塩ストレス環境で共生窒素固定を行う根粒菌の膜タンパク質が解析された (Tanthanuch *et al.*, 2010). *B. japonicum* のメタロシャペロンがバクテロイドのシトクロム c オキシダーゼ活性発現に関与した (Arunothayanan *et al.*, 2010). *B. japonicum* USDA110 と *B. japonicum* 株・*Bradyrhizobiaceae* 株のゲノム比較解析が行われた (Itakura *et al.*, 2009). USDA110 株のゲノム情報を基に, 環境応答と物質循環機能について解説された (南澤ら, 2008). 根粒菌の TonB 依存性受容体の役割について概説された (Lim, 2010). *Mesorhizobium loti* のペリプラスムグルカンの構造が明らかにされ (Kawaharada *et al.*, 2008), そのグリセロリン酸化に関与する遺伝子が同定された (Kawaharada *et al.*, 2010). 網羅的遺伝子解析のために, ミヤコグサ cDNA アレイ (Nomura *et al.*, 2008), および *M. loti* の大規模変異株ライブラリーが作成された (Shimoda *et al.*, 2008).

3) 根粒形成のメカニズム

Nod ファクターに短時間で応答するダイズ遺伝子の同定と発現様式およびダイズ *nfr* 遺伝子 LysM 領域の多様性と

根粒着生数との関連性が調査された (横山ら, 2008, 2009). ダイズ根粒菌の Nod 遺伝子発現はフラボノイドの種類により異なった (Yokoyama, 2008). USDA110 株のダイズ種子滲出物とイソフラボンに対する遺伝子発現が調査され (Wei *et al.*, 2008), Type III 分泌系の温度依存的発現が確認された (Wei *et al.*, 2010). 根粒形成過程の *B. japonicum* バクテロイドタンパク質の二次元電気泳動解析が行われた (Nomura *et al.*, 2010). ダイズ地上部からの物質が根粒着生形質のレギュレーターとなっていた (Yamaya and Arima, 2010). *B. japonicum* および *M. loti* バクテロイドの窒素固定活性は, NAD⁺-ME の影響を受けた (Dao *et al.*, 2008; Thapanapongworakul *et al.*, 2010b). ミヤコグサ共生窒素固定の維持に *M. loti* の PHGDH によるセリンやグリシンが必須であった (Thapanapongworakul *et al.*, 2010a). ミヤコグサ共通共生遺伝子群の根毛変形への関与が示された (Maekawa-Yoshioka and Murooka, 2009). ミヤコグサ根粒で特異的に発現するニコチアナミン合成酵素が同定された (Hakoyama *et al.*, 2009b). 根粒菌のニトロゲナーゼ合成に宿主植物由来のホモクエン酸が必須であり (Hakoyama *et al.*, 2009a), その役割について解説された (箱山ら, 2010). ミヤコグサ根粒形成初期に機能する新規タンパク質遺伝子が同定された (Yano *et al.*, 2009). 根粒形成の調節因子としてのポリアミンの機能について議論された (Terakado-Tonooka and Fujihara 2008; Fujihara 2009). 共生成立に関する分子生物学的知見に関してマメ科モデル植物や菌根菌・根粒菌の観点から概説された (Kawaguchi and Minamisawa, 2010; Kouchi *et al.*, 2010). ハンノキ稚苗の効率的根粒形成とその生育状況について報告された (袴田・山本, 2009). *Frankia* へのマーカー遺伝子の導入法が検討され (Kucho *et al.*, 2009), 根粒共生決定因子に関して概説された (Kucho *et al.*, 2010).

2. エンドファイト

窒素固定エンドファイトの減圧吸引接種法の有用性が認められ (Zakria *et al.*, 2008c), 植物への接種試験により広宿主性が確認された (Zakria *et al.*, 2008a, 2008b). 甘蔗やイネで様々な菌の *nifH* 発現が確認され, 群集構造が解析された (Terakado-Tonooka *et al.*, 2008; Prakamhang *et al.*, 2009). サトウキビエンドファイトによる固定窒素の低移動性が示された (Momose *et al.*, 2009). 窒素固定エンドファイトの接種によって, 有意にイネの生育促進が認められた (Isawa *et al.*, 2010). *Azospirillum* sp. B510 株ゲノムの完全長配列が報告された (Kaneko *et al.*, 2010). カウピーから分離された *Ralstonia* sp. 株の根粒や茎表皮内でのコロニー形成が確認された (Sarr *et al.*, 2010). 窒素固定エンドファイトに関する知見がまとめられた (Ando, 2010). その他, 微生物群集生態学的知見として下記の報告があった. 植物に存在するクロストリディウムエンドファイトが調査された (Saito *et al.*, 2008). ダイズ老化根粒からの N₂O 発生が認められ, 様々な微生物が確認された (Inaba *et al.*, 2009). ダイズ根粒着生系統毎に茎・根の細菌群集

構造および茎の培養エンドファイト群集構造の比較解析が行われ, 根粒着生系統依存性が認められた (Ikeda *et al.*, 2008; Okubo *et al.*, 2009). 植物・微生物相互作用に関し, ダイズ・イネのエンドファイト・エピファイトおよびゲノム情報を基に解説された (Ikeda *et al.*, 2010).

3. その他の窒素固定

有機資材の土壤理化学性と根圏窒素固定細菌への影響が調査された (Kaur *et al.*, 2008). マルバルノボタンの根圏窒素固定細菌の *nifH* 遺伝子多様性は土壌依存的だった (Sato *et al.*, 2009a). 三宅島火山堆積物から *Herbaspirillum* 属および *Limnobacter* 属新種株が分離され (Lu *et al.*, 2008), 鉄酸化細菌分離株からは窒素固定活性が検出された (Sato *et al.*, 2009b). シベリア針葉樹林帯土壌の窒素固定活性は自然土壌に類似した条件で検出された (Hara *et al.*, 2010). 陸生ラン藻は荒廃土壌や半乾燥貧窒素土壌における窒素給源となり, 地力改善に有効であった (河野ら, 2010; Maqubela *et al.*, 2010).

文 献

- Ando, S. 2010. In T. Ohyama and K. Sueyoshi (ed.) Nitrogen Assimilation in Plants, p. 215–231. Research Signpost, Kerala.
- Arunothayanan, H., Nomura, M., Hamaguchi, R., Itakura, M., Minamisawa, K., and Tajima, S. 2010. *Plant Cell Physiol.*, 51, 1242–1246.
- Dao, T.V., Nomura, M., Hamaguchi, R., Kato, K., Itakura, M., Minamisawa, K., Sinsuwongwat, S., Le, H.T-P., Kaneko, T., Tabata, S., and Tajima, S. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 215–220.
- Fujihara, S. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 1–13.
- 袴田哲司・山本茂弘 2009. 静岡県農技研研報, 2, 75–80.
- Hakoyama, T., Niimi, K., Watanabe, H., Tabata, R., Matsubara, J., Sato, S., Nakamura, Y., Tabata, S., Jichun, L., Matsumoto, T., Tatsumi, K., Nomura, M., Tajima, S., Ishizaka, M., Yano, K., Imaizumi-Anraku H., Kawaguchi, M., Kouchi H., and Suganuma, N. 2009a. *Nature*, 462, 514–517.
- Hakoyama, T., Watanabe, H., Tomita, J., Yamamoto, A., Sato, S., Mori, Y., Kouchi, H., Suganuma, N. 2009b. *Planta*, 230, 309–317.
- 箱山雅生・河内 宏・菅沼敬生 2010. 化学と生物, 48, 744–746.
- Hara, S., Hashidoko, Y., Desyatkin, R.V., Morishita, T., and Hatano, R. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 716–724.
- Ikeda, S., Okubo, T., Anda, M., Nakashita, H., Yasuda, M., Sato, S., Kaneko, T., Tabata, S., Eda, S., Momiyama, A., Terasawa, K., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2010. *Plant Cell Physiol.*, 51, 1398–1410.
- Ikeda, S., Rallos, L.E.E., Okubo, T., Eda, S., Inaba, S., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2008. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74, 5704–5709.
- Inaba, S., Tanabe, K., Eda, S., Ikeda, S., Higashitani, A., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 64–67.
- Isawa, T., Yasuda, M., Awazaki, H., Minamisawa, K., Shinozaki, S., and Nakashita, H. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 58–61.
- Itakura, M., Saeki, K., Omori, H., Yokoyama, T., Kaneko, T., Tabata, S., Ohwada, T., Tajima, S., Uchiumi, T., Honnma, K., Fujita, K., Iwata, H., Saeki, Y., Hara, Y., Ikeda, S., Eda, S., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2009. *ISMEJ*, 3, 326–339.
- Itakura, M., Tabata, K., Eda, S., Mitsui, H., Murakami, K., Yasuda,

- J., and Minamisawa, K. 2008. *Appl. Environ. Microbiol.*, **74**, 7258–7264.
- Kaneko, T., Minamisawa, K., Isawa, T., Nakatsukasa, H., Mitsui, H., Kawaharada, Y., Nakamura, Y., Watanabe, A., Kawashima, K., Ono, A., Shimizu, Y., Takahashi, C., Minami, C., Fujishiro, T., Kohara, M., Katoh, M., Nakazaki, N., Nakayama, S., Yamada, M., Tabata, S., Sato, S. 2010. *DNA Res.*, **17**, 37–50.
- Kaur, K., Goyal, S., and Kapoor, K.K. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 313–316.
- Kawaguchi, M., and Minamisawa, K. 2010. *Plant Cell Physiol.*, **51**, 1377–1380.
- Kawaharada, Y., Kiyota, H., Eda, S., Minamisawa, K., and Mitsui, H. 2008. *Carbohydrate Res.*, **343**, 2422–2427.
- Kawaharada, Y., Kiyota, H., Eda, S., Minamisawa, K., and Mitsui, H. 2010. *FEMS Microbiol. Lett.*, **302**, 131–137.
- 河野伸之・横山和乎・斎藤雅典・丸本卓哉 2010. 土と微生物, **64**, 3–10.
- Kouchi, H., Imaizumi-Anraku, H., Hayashi, M., Hakoyama, T., Nakagawa, T., Umehara, Y., Sukanuma, N., and Kawaguchi, M. 2010. *Plant Cell Physiol.*, **51**, 1381–1397.
- Kucho, K., Kakoi, K., Yamaura, M., Higashi, S., Uchiumi, T., and Abe, M. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 231–240.
- Kucho, K., Hay, A-E., and Normand, P. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 241–252.
- Lim, B.L. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 67–74.
- Lu, H., Fujimura, R., Sato, Y., Nanba, K., Kamijo, T., and Ohta, H. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 66–72.
- Maekawa-Yoshikawa, M., and Murooka, Y. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 128–134.
- Maqubela, M.P., Mkeni, P.N.S., Muchaonyerwa, P., D'Acqui, L.P., and Pardo, M.T. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **56**, 552–559.
- Masuda, S., Eda, S., Ikeda, S., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2010a. *Appl. Environ. Microbiol.*, **76**, 2402–2409.
- Masuda, S., Eda, S., Sugawara, C., Mitsui, H., and Minamisawa, K. 2010b. *Microbes Environ.*, **25**, 220–223.
- Minami, M., Yamakawa, T., Yamamoto, A., Akao, S., and Saeki, Y. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 65–72.
- 南澤 究・増田幸子・板倉学・池田成志 2008. 土と微生物, **62**, 89–92.
- Momose, A., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Sato, T., Nakanishi, Y., Akao, S., and Ohyama, T. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 224–230.
- Nagashima, Y., Tani, C., Yamamoto, M., and Sasakawa, H. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 379–386.
- Nguyen, M.T., Akiyoshi, K., Nakatsukasa, M., Saeki, Y., and Yokoyama, K. 2010a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **56**, 382–389.
- Nguyen, M.T., Akiyoshi, K., Nakatsukasa, M., Saeki, Y., and Yokoyama, K. 2010b. 土と微生物, **64**, 101–106.
- Nomura, M., Arunothayanan, H., Dao, T.V., Le, H.T-P. Kaneko, T., Sato, S., Tabata, S., and Tajima, S. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **56**, 579–590.
- Nomura, M., Tan, D.V., Arunothayanan, H., Asamizu, E., Tabata, S., Kouchi, H., and Tajima, S. 2008. *Plant Biotechnol.*, **25**, 173–175.
- Okubo, T., Ikeda, S., Kaneko, T., Eda, S., Mitsui, H., Sato, S., Tabata, S., and Minamisawa, K. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 253–258.
- 尾崎孔明・磯井俊行 2010. 土肥誌, **81**, 44–47.
- Prakamhang, J., Minamisawa, K., Teamtaisong, K., Boonkerd, N., Teumroong, N. 2009. *Appl. Soil Ecol.*, **42**, 141–149.
- Risal, C.P., Yokoyama, T., Ohkuma-Ohtsu, N., Djedidi, S., and Sekimoto, H. 2010. *System. Appl. Microbiol.*, **33**, 416–425.
- Saeki, Y., Minami, M., Yamamoto, A., and Akao, S. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 718–724.
- Saeki, Y., Oguro, H., Akagi, I., Yamakawa, T., and Yamamoto, A. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 627–633.
- Saeki, Y., Ozumi, S., Yamamoto, A., Umehara, Y., Hayashi, M., Sigua, G.C., 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 309–312.
- 佐伯雄一 2009. 化学と生物, **47**, 228–230.
- Saito, A., Kawahara, M., Ikeda, S., Ishimine, M., Akao, S., and Minamisawa, K. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 73–80.
- Sarr, P.S., Yamakawa, T., Asatsuma, S., Fujimoto, S., Sakai, M. 2010. *Afr. J. Microbiol. Res.*, **4**, 1959–1963.
- Sarr, P.S., Yamakawa, T., Fujimoto, S., Saeki, Y., Thao, H.T.B., and Myint, A.K. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 105–112.
- Sato, A., Watanabe, T., Unno, Y., Purnomo, E., Osaki, M., and Shinano, T. 2009a. *Microbes Environ.*, **24**, 81–87.
- Sato, Y., Hosokawa, K., Fujimura, R., Nishizawa, T., Kamijo, T., and Ohta, H. 2009b. *Microbes Environ.*, **24**, 291–296.
- Shimoda, Y., Mitsui, H., Kamimatsuse, H., Minamisawa, K., Nishiyama, E., Ohtsubo, Y., Nagata, Y., Tsuda, M., Shinpo, S., Watanabe, A., Kohara, M., Yamada, M., Nakamura, Y., Tabata, S., and Sato, S. 2008. *DNA Res.*, **15**, 297–308.
- Suzuki, K., Oguro, H., Yamakawa, T., Yamamoto, A., Akao, S., and Saeki, Y. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 237–246.
- Tanthanuch, W., Tittabutr, P., Mohammed, S., Matthiesen, R., Yamabhai, M., Manassila, M., Jensen, O.N., Boonkerd, N., and Teumroong, N. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 275–280.
- Terakado-Tonooka, J., and Fujihara, S. 2008. *Plant Root*, **2**, 46–53.
- Terakado-Tonooka, J., Ohwaki, Y., Yamakawa, H., Tanaka, F., Yoneyama, T., and Fujihara, S. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 89–93.
- Thapanapongworakul, N., Nomura, M., Dao, T.V., Shimoda, Y., Sato, S., Tabata, S., and Tajima, S. 2010a. *Plant Soil*, **336**, 233–240.
- Thapanapongworakul, N., Nomura, M., Shimoda, Y., Sato, S., Tabata, S., and Tajima, S. 2010b. *Plant Biotechnol.*, **27**, 311–316.
- Tsurumaru, H., Yamakawa, T., Tanaka, M., and Sakai, M. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 197–203.
- Wei, M., Takeshima, K., Yokoyama, T., Minamisawa, K., Mitsui, H., Itakura, M., Kaneko, T., Tabata, S., Saeki, K., Omori, H., Tajima, S., Uchiumi, T., Abe, M., Ishii, S., and Ohwada, T. 2010. *Mol. Plant-Microbe Interact.*, **23**, 628–637.
- Wei, M., Yokoyama, T., Minamisawa, K., Mitsui, H., Itakura, M., Kaneko, T., Tabata, S., Saeki, K., Omori, H., Tajima, S., Uchiumi, T., Abe, M., and Ohwada, T. 2008. *DNA Res.*, **15**, 201–214.
- Yamaya, H., and Arima, Y. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **56**, 115–122.
- Yano, K., Shibata, S., Chen, W-L, Sato, S., Kaneko, T., Jurkiewicz, A., Sandal, N., Banba, M., Imaizumi-Anraku, H., Kojima, T., Ohtomo, R., Szczyglowski, K., Stougaard, J., Tabata, S., Hayashi, M., Kouchi, H., and Umehara, Y. 2009. *Plant J.*, **60**, 168–180.
- Yokoyama, T. 2008. *Can. J. Microbiol.*, **54**, 401–410.
- 横山 正・山田明言・有馬泰紘 2008. 土肥誌, **79**, 273–282.
- 横山 正・山田美香・友岡憲彦 2009. 土と微生物, **63**, 9–17.
- Zakria, M., Ohsako, A., Saeki, Y., Yamamoto, A., and Akao, S. 2008a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 507–516.
- Zakria, M., Udonishi, K., Ogawa, T., Yamamoto, A., Saeki, Y., and Akao, S. 2008b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 224–236.

Zakria, M., Udonishi, K., Saeki, Y., Yamamoto, A., and Akao, S. 2008c. *Microbes Environ.*, 23, 128–133.

共生 その2 菌根菌

坂本一憲

1. アーバスキュラー菌根菌 (AM 菌) の養分輸送機構および宿主植物との相互作用

AM 菌のポリリン酸 (PP) 代謝に関する研究が進展した。急速凍結法で固定した *Gigaspora margarita* の発芽管の微細構造と PP の分布状況が解析された (Kuga *et al.*, 2008)。酵母のエキソポリフォスファターゼを用いた菌根中の短鎖 PP 測定法が開発され (Ohtomo *et al.*, 2008), *Glomus* 属菌を接種したネギ根中の短鎖 PP 量は植物生育と密接な関係にあった (Takanishi *et al.*, 2009)。マリーゴールドに共生した *Glomus* 属 HR1 株の外生菌糸中の PP は ATP が直接の基質であり、その合成は細胞内のオルガネラ内で行われていることが示唆された (Tani *et al.*, 2009)。またリン欠乏のミヤコグサに共生した HR1 株の外生菌糸が吸収したリンは直ちに PP に合成され、細胞中のリン全体に占める割合は 60% 以上に達した (Hijikata *et al.*, 2010)。 *Gi. margarita* 胞子の発芽管中の PP 含量は硝酸や無機リンの添加によって高まった (Yao *et al.*, 2010)。

分画根箱法を用いた実験とフィリピンのピナツボ山の火山泥流地帯における植生回復の調査から、AM 菌は窒素欠乏下の植物の窒素獲得に寄与していると結論された (Saito, 2010)。AM 菌の物質交換機能の要である樹枝状体を植物根から簡便に単離する方法が、ミヤコグサの樹枝状体過剰形成変異体を用いて開発された (Senoo *et al.*, 2007)。

宿主植物と AM 菌との相互作用に関して、ダイズのオートレギュレーション機構は根粒着生以外に AM 菌の樹枝状体形成も抑制できることが、野生型ダイズと根粒超着生変異体との交互接木実験によって証明された (Sakamoto and Nohara, 2009)。

2. AM 菌の群集構造解析

沖縄の海浜植物群落の AM 菌群集が 18S rDNA 解析によって調べられ、塩分濃度に対する耐性が異なる 3 タイプの *Glomus* 属が優占していることが判明した (Yamato *et al.*, 2008)。わが国各地の酸性硫酸塩土壌に生育しているスキの AM 菌群集は、LSU rRNA 遺伝子の解析から 6 属 20 phylotype で構成されていること、土壌 pH が最も影響している環境因子であることが示された (An *et al.*, 2008)。日本各地の草地の AM 菌群集が土壌中の胞子によって調べられ、地域や植生に関係なく共通した *Glomus* 属優占種の存在が明らかとなった (小島ら, 2009)。マダガスカルとウガンダの半乾燥地域に分布する *Moringa spp.* の AM 菌群集は、18S rDNA 解析によって *G. intraradices* と *G.*

sinuosum が優占していることが判明した (Yamato *et al.*, 2009)。

土壌から AM 菌を分離する際に使用されるトラップ植物の種類 (クローバー, ソルガムおよびトウモロコシ) が AM 菌群集構造に及ぼす影響を DGGE 法によって解析したところ、AM 菌群集の多様性は 3 種の植物を混合して栽培した場合に最も高く、単独栽培ではトウモロコシが最も高いことが示された (Yao *et al.*, 2010)。様々な遺伝的背景を持つトウモロコシの菌根形成率が調べられ、それはトウモロコシの遺伝子型、生産地、生産年の影響を受けていることが判明した (An *et al.*, 2010)。

3. AM 菌の生理生態とその利用

北海道のダイズ栽培における AM 菌によるリン酸減肥の試験例が紹介された (岡, 2009)。前作として AM 菌の宿主または非宿主が作付された圃場でリン酸の施用量を変えてダイズが栽培され、非宿主が作付されたダイズの収量はリン酸減肥とともに低下するが、宿主が作付されたダイズの収量はリン酸減肥によって低下しないことが示された (Oka *et al.*, 2010)。トマトに *G. etunicatum* を接種したところフザリウム病害が抑制され、その原因は根圏微生物相の変化とトマトのポリフェノール酸化酵素の活性増大であると考えられた (Ren *et al.*, 2010)。

広葉樹の成長に及ぼす市販 VA 菌根菌資材とスギ炭の影響が調べられ、アキニレでは苗高成長の促進、ミヤマシキミでは地上部重の増加と葉色改良が認められた (袴田・山本, 2008)。 *G. clarum* と *G. aggregatum* の接種は熱帯泥炭湿地林に分布する *Ploiarium alternifolium* と *Calophyllum hosei* の挿し木苗の成長を促進することが示された (Turjaman *et al.*, 2008)。酸性硫酸塩土壌のパイオニア植物 (各種草本植物とマメ科低木) には、低い土壌 pH にもかかわらず AM 菌や根粒菌の感染が維持されており、また現場土壌から分離した両共生菌はパイオニア植物の生育を顕著に促進した (Maki *et al.*, 2008)。セイヨウミヤコグサを用いた山砂採取跡地の緑化に有効な牛ふん堆肥の施用量が検討され、植物生育が最大となる施用量は 30 Mg ha⁻¹ であるが、市販 AM 菌資材の菌根形成率が最大となるのは 10Mg ha⁻¹ であることが判明した (坂本ら, 2009)。トウモロコシの豚ふんコンポストに由来する重金属の吸収に及ぼす *Glomus* 属菌接種と木炭施用の影響が検討され、AM 菌は宿主の亜鉛吸収を促進すること、木炭は宿主の菌根形成には影響しないが土壌中の AM 菌プロパギュールを増大させることが示された (荻山ら, 2008)。また別の試験でトウモロコシの亜鉛と銅の吸収量はサツマイモよりも多いこと、また木炭施用は両植物の土着 AM 菌による菌根形成に影響しないことが示された (Ogiyama *et al.*, 2010)。

4. 外生菌根菌

森林林床下の外生菌根菌ネットワークの構造と機能に関する最近の知見がまとめられた (宝月, 2010)。カラマツへ CO₂ 暴露が行われ、カラマツの乾物生産は増大するが外生菌根の定着は変化しないことが報告された (Shinano

et al., 2007). 隣接する黒マツ優占林とニセアカシア優占林の土壤細菌相に相違はないこと, 外生菌根菌の分布は数種の細菌の分布と密接な関係を示すことが明らかとなった (Taniguchi *et al.*, 2009).

文 献

- An, G.-H., Miyakawa, S., Kawahara, A., Osaki, M., and Ezawa, T. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 517–528.
- An, G.-H., Kobayashi, S., Enoki, H., Sonobe, K., Muraki, M., Karasawa, T., and Ezawa, T. 2010. *Plant Soil*, 327, 441–453.
- 袴田哲司・山本茂弘 2008. 静岡県農技研研報, 1, 79–85.
- Hijikata, N., Murase, M., Tani, C., Ohtomo, R., Osaki, M., and Ezawa, T. 2010. *New Phytol.*, 186, 285–289.
- 宝月岱造 2010. 土と微生物, 64, 57–63.
- 小島知子・斎藤雅典・小路 敦・安藤 貞・菅原和夫 2009. 日草誌, 55, 148–155.
- Kuga, Y., Saito, K., Nayuki, K., Peterson, R. L., and Saito, M. 2008. *New Phytol.*, 178, 189–200.
- Maki, T., Nomachi, M., Yoshida, S., and Ezawa, T. 2008. *Plant Soil*, 310, 55–65.
- 萩山慎一・鈴木弘行・坂本一憲・犬伏和之 2008. 土肥誌, 79, 255–262.
- Ogiyama, S., Suzuki, H., Sakamoto, K., and Inubushi, K. 2010. *HortResearch*, 64, 9–18.
- Ohtomo, R., Sekiguchi, Y., Kojima, T., and Saito, M. 2008. *Anal. Biochem.*, 383, 210–216.
- 岡 紀邦 2009. 圃場と土壌, 41, 10–13.
- Oka, N., Karasawa, T., Okazaki, K., and Takebe, M. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 824–830.
- Ren, L., Lou, Y., Sakamoto, K., Inubushi, K., Amemiya, Y., Shen, Q., and Xu, G. 2010. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 41, 1399–1410.
- Sakamoto, K., and Nohara, Y. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 252–257.
- Saito, M. 2010. *J. Integ. Field Sci.*, 7, 37–40.
- 坂本一憲・伊藤浩平・犬伏和之・佐藤浩之 2009. 土肥誌, 80, 399–402.
- Senoo, K., Solaiman, Z., Tanaka, S., Kawaguchi, M., Imaizumi-Anraku, H., Akao, S., Tanaka, A., and Obata, H. 2007. *Annal. Bot.*, 100, 1599–1603.
- Shinano, T., Yamamoto, T., Tawaraya, K., Tadokoro, M., Koike, T., and Osaki, M. 2007. *Tree Physiol.*, 27, 97–104.
- Takanishi, I., Ohtomo, R., Hayatsu, M., and Saito, M. 2009. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 1571–1573.
- Tani, C., Ohtomo, R., Osaki, M., Kuga, Y., and Ezawa, T. 2009. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 7044–7050.
- Taniguchi, T., Kataoka, R., Tamai, S., Yamanaka, N., and Futai, K. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 246–252.
- Turjaman, M., Tamai, Y., Sitepu, I. R., Santoso, E., Osaki, M., and Tawaraya, K. 2008. *New Forests*, 36, 1–12.
- Yamato, M., Ikeda, S., and Iwase, K. 2008. *Mycorrhiza*, 18, 241–249.
- Yamato, M., Ikeda, S., and Iwase, K. 2009. *Mycoscience*, 50, 100–105.
- Yao, Q., Ohtomo, R., and Saito, M. 2010. *Plant Soil*, 330, 303–311.
- Yao, Q., Gao, J.-L., Zhu, H.-H., Long, L.-K., Xing, Q.-X., and Chen, J.-Z. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 205–211.

土壌生物 その1 水田 村瀬 潤

1. 群集構造解析

DGGE断片の塩基配列情報から, 水田生態系の中の異なる微視的部位の細菌群集を俯瞰法によって比較した (Asakawa and Kimura, 2008). System of Rice Intensification (SRI) 農法が土壌の細菌および古細菌群集を改変することが示された (Sooksa-Nguan *et al.*, 2010). 土壌に施用された稲わら堆肥に生息する真核微生物群集が解析された (Hatamoto *et al.*, 2008). ニゴロブナの稚魚が田面水の水生生物群集を改変することが示された (Yamazaki *et al.*, 2010).

2. メタンサイクルと微生物

1) メタンの動態

水稻生育条件下の水田土壌における潜在的なメタン生成能, 酸化能が見積もられた (村松・犬伏, 2009). 液状微生物資材が水田土壌からのメタン放出に及ぼす影響を検討した (Kato *et al.*, 2008). メタン発生抑制に果たす間断灌漑の効果が示された (Hadi *et al.*, 2010). メタン生成環境における共生酢酸酸化性菌の代謝について解説された (Hattori, 2008).

2) メタン生成古細菌

メタン生成古細菌群集の分布について, 中国東北部の15ヵ所の水田土壌 (Wang *et al.*, 2010b), 干拓地の水田土壌 (Watanabe *et al.*, 2009a), 下層土 (Watanabe *et al.*, 2010b) を対象とした分子生態学的研究が行われ, それぞれ特徴的な群集が形成されていることが示された. 異なる環境から得られた16S rRNA 遺伝子の配列を比較し, 水田土壌のメタン生成古細菌群集を特徴づけた (Watanabe *et al.*, 2010a). 水田土壌におけるメチルコエンザイム M レダクターゼ遺伝子の発現が解析された (Watanabe *et al.*, 2009b).

3) メタン酸化細菌

水稻根圏に生息するメタン酸化細菌数が見積もられるとともに, Type II のメタン酸化細菌が分離された (Takeda *et al.*, 2008). Stable isotope probing (SIP) 法により水田圃場のメタン酸化細菌群集が解析された (Mayumi *et al.*, 2010).

3. 窒素サイクルと微生物

1) 脱窒菌

水田土壌における脱窒現象は古くから知られる事実であるが, 実際に脱窒に関わる微生物群集についてはほとんど知られていなかった. コハク酸を利用する水田土壌の脱窒菌をSIP法で解析し, Rhodocyclales目, Burkholderiales目および新規のβ-プロテオバクテリアが脱窒を行っていることを明らかにした (Saito *et al.*, 2008; Ishii *et al.*, 2009). 亜硝酸還元酵素遺伝子 (*nirS*, *nirK*) を

対象とした解析により、稲作期間中の脱窒菌群集の変化 (Yoshida *et al.*, 2009) や脱窒活性の誘導前後の脱窒菌群集の変化が調査された (Yoshida *et al.*, 2010). 土壌型や作付け体系の異なる6つの水田土壌について、脱窒活性の誘導によって現れる細菌群集の違いが示された (Ishii *et al.*, 2010).

栃木県内の異なる水田および畑土壌について土壌浸透ともなう灌漑水中の硝酸の脱窒除去能力が見積もられた (亀和田, 2009).

2) アンモニア酸化菌

アンモニアモノオキシゲナーゼ遺伝子 *amoA* を対象とした定量PCR, DGGE解析により、田畑輪換がアンモニア酸化細菌群集に与える影響が示された (Chu *et al.*, 2009). 水田土壌中に生息するアンモニア酸化細菌 (AOB) およびアンモニア酸化古細菌 (AOA) の存在量の年間変動が調査され、水田土壌における両グループの菌数について、季節変動の相違が示された (Fujii *et al.*, 2010).

4. 鉄・マンガンと微生物

¹³C酢酸を用いたSIP法により、水田土壌中の鉄還元菌が解析された (Hori *et al.*, 2009). 水田土壌の鉄集積部位に生息する微生物群集が解析された (Cahyani *et al.*, 2008). 結晶性鉄を還元する土壤微生物の意義と利用について解説された (堀, 2009). 水田下層土のマンガン結核から分離されたマンガン酸化細菌および糸状菌の分子系統が解析された (Cahyani *et al.*, 2009a).

5. エンドファイト

PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) の一種である *Azospirillum* 属菌の接種が水稻の生長に与える影響を明らかにした (Sasaki *et al.*, 2010). 水稻根から新規の通性嫌気性細菌が分離され新属新種として提案された (Ueki *et al.*, 2010).

水稻の根および葉に生息するエンドファイトの分子系統が調べられた (Mano *et al.*, 2007). 水稻の種子に存在する細菌はエンドファイトの起源となることが示された (Kaga *et al.*, 2009). イネのエンドファイトについて、その起源や移動、植物やその他の生物との相互作用に関する知見がミニレビューとしてまとめられた (Mano and Morisaki, 2008).

6. 藻類・原生動物

水田表層の稲わら表面に生息するシアノバクテリア群集がDGGE法で解析された (Asari *et al.*, 2008). 水田土壌における原生動物と細菌の相互作用が土壌の機能や細菌群集構造に果たす役割を概説した (村瀬, 2009). 水田土壌の原生動物のメタン酸化細菌に対する捕食選択性が示された (Murase and Frenzel, 2008; Murase *et al.*, 2011). 水田土壌から新規のアメーバが分離された (Murase *et al.*, 2010).

7. バクテリオファージ

水田土壌のバクテリオファージの多様性に関する知見の集積が進んだ。カプシドタンパクをコードする *g23* 遺

伝子の解析により、水田には海洋とは異なるファージ群集が存在することが示された (Fujii *et al.*, 2008, Wang *et al.*, 2009a). 中国の土壌のファージ群集の解析結果と合わせ水田土壌固有の9つのクラスターが提唱された (Wang *et al.*, 2009b). また、水田土壌生態系の構造に着目した解析が進められ、ファージ群集の鉛直プロファイル (Wang *et al.*, 2009d), 植物遺体や植物根 (Fujihara *et al.*, 2010), 下層土のマンガン結核 (Cahyani *et al.*, 2009b) のファージ群集の特徴が示された。田面水におけるシアノバクテリアに感染するファージ群集がカプシド遺伝子 (*g20*) や光学系IIのタンパク遺伝子 (*psbA*) を対象に解析された (Wang *et al.*, 2009c, 2010a). 電子顕微鏡を用いた観察により、田面水に生息する細菌のファージ感染率が初めて推定された (Nakayama *et al.*, 2009b). *Sphingomonas* 属菌に感染するファージが田面水から分離され、遺伝的特徴に基づく多様性 (Nakayama *et al.*, 2009a) や異なる *Sphingomonas* 属菌, *Novosphingobium* 属菌に対する感染性 (Nakayama *et al.*, 2009c) が調査された。水田のウイルスに関する知見が教科書の1章としてまとめられた (Kimura *et al.*, 2010). また、土壌ウイルスの研究に関するこれまでの知見と将来の展望が総説としてまとめられた (Kimura *et al.*, 2008).

8. その他

水田土壌中の微生物の解析手法として、代謝に関わる微生物を取り出す Functional Single Cell 分離法 (石井・妹尾, 2010), メタゲノム解析法 (伊藤ら, 2010), 遺伝子配列の主成分分析に基づく微生物群集の俯瞰法 (浅川, 2009) がそれぞれ解説された。

名古屋大学 木村真人教授が、水田土壌における炭素循環と微生物群集に関する研究により第30回日本農学賞を受賞し、その研究成果の概要がまとめられた (木村, 2009).

文 献

- Asakawa, S., and Kimura, M. 2008. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 1322-1329.
- 浅川 晋 2009. 化学と生物, 47, 451-453.
- Asari, N., Ishihara, R., Nakajima, Y., Kimura, M., and Asakawa, S. 2008. *Biol. Fertil. Soils*, 44, 605-612.
- Cahyani, V.R., Murase, J., Ikeda, A., Taki, K., Asakawa, S., and Kimura, M. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 711-717.
- Cahyani, V.R., Murase, J., Ishibashi, E., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009. *Biol. Fertil. Soils*, 45, 337-346.
- Cahyani, V. R., Murase, J., Ishibashi, E., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.* 55, 264-270.
- Chu, H.Y., Morimoto, S., Fujii, T., Yagi, K., and Nishimura, S. 2009. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73, 2026-2031.
- Fujii, C., Nakagawa, T., Onodera, Y., Matsutani, N., Sasada, K., Takahashi, R., and Tokuyama, T. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 212-219.
- Fujii, T., Nakayama, N., Nishida, M., Sekiya, H., Kato, N., Asakawa, S., and Kimura, M. 2008. *Soil Biol. Biochem.* 40, 1049-1058.
- Fujihara, S., Murase, J., Tun, C. C., Matsuyama, T., Ikenaga, M., Asakawa, S., and Kimura, M. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.* 56, 800-

- 812
Hadi, A., Inubushi, K., and Yagi, K. 2010. *Paddy Water Environ.*, 8, 319–324.
- Hatamoto, M., Tanahashi, T., Murase, J., Matsuya, K., Hayashi, M., Kimura, M., and Asakawa, S. 2008. *Biol. Fertil. Soils*, 44, 527–532.
- Hattori, S. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 118–127.
- Hori, T., Muller, A., Igarashi, Y., Conrad, R., and Friedrich, M.W. 2009. *ISMEJ.*, 4, 267–278.
- 堀 知行 2009. 日微生物誌, 25, 50–59.
- 石井 聡・妹尾啓史 2010. 土と微生物, 64, 72–76.
- Ishii, S., Yamamoto, M., Kikuchi, M., Oshima, K., Hattori, M., Otsuka, S., and Senoo, K. 2009. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 7070–7078.
- Ishii, S., Yamamoto, M., Tago, K., Otsuka, S., and Senoo, K. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 220–224.
- 伊藤英臣・石井 聡・妹尾啓史 2010. メタゲノム解析技術の最前線. 服部正平 監修, p.215–221. シーエムシー出版, 東京.
- Kaga, H., Mano, H., Tanaka, F., Watanabe, A., Kaneko, S., and Morisaki, H. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 154–162.
- 亀和田國彦 2009. 栃木県農試研報, 63, 27–34.
- Kato, S., Iwashiki, S., and Inubushi, K. 2008. *Hort. Res.*, 62, 39–44.
- 木村真人 2009. 土と微生物, 63, 64–73.
- Kimura, M., Jia, Z.J., Nakayama, N., and Asakawa, S. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 1–32.
- Kimura, M., Wang, G.H., Nakayama, N., and Asakawa, S. 2010. In G. Witzany (ed.) *Biocommunication in Soil Microorganisms*, p. 189–213. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York.
- Mano, H. and Morisaki, H. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 109–117.
- Mano, H., Tanaka, F., Nakamura, C., Kaga, H., and Morisaki, H. 2007. *Microbes Environ.*, 22, 175–185.
- Mayumi, D., Yoshimoto, T., Uchiyama, H., Nomura, N., and Nakajima-Kambe, T. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 156–163.
- 村松康彦・犬伏和之 2009. 食と緑の科学, 63, 27–33.
- Murase, J. and Frenzel, P. 2008. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 65, 408–414.
- 村瀬 潤 2009. 土壌の原生生物・線虫群集—その土壌生態系での役割—, 日本土壤肥科学会編, p.94–114. 博友社, 東京.
- Murase, J., Kawasaki, M., and De Jonckheere, J.F. 2010. *Eur. J. Protistol.*, 46, 164–170.
- Murase, J., Hordijk, K., Tayasu, I., and Bodelier, P.L.E. 2011. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 75, 284–290.
- Nakayama, N., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009a. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 179–185.
- Nakayama, N., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009b. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 186–191.
- Nakayama, N., Tsuge, T., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009c. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 53–64.
- Saito, T., Ishii, S., Otsuka, S., Nishiyama, M., and Senoo, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 192–200.
- Sasaki, K., Ikeda, S., Eda, S., Mitsui, H., Hanzawa, E., Kisara, C., Kazama, Y., Kushida, A., Shinano, T., Minamisawa, K., and Sato, T. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 636–644.
- Sooksa-Nguan, T., Gypmantasiri, P., Boonkerd, N., Thies, J.E., and Teaumroong, N. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 224–227.
- Takeda, K., Tonouchi, A., Takada, M., Suko, T., Suzuki, S., Kimura, Y., Matsuyama, N., and Fujita, T. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 876–885.
- Ueki, A., Kodama, Y., Kaku, N., Shiromura, T., Satoh, A., Watanabe, K., and Ueki, K. 2010. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 56, 193–203.
- Wang, G.H., Hayashi, M., Saito, M., Tsuchiya, K., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009a. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 13–20.
- Wang, G.H., Jin, J., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009b. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 423–427.
- Wang, G.H., Murase, J., Asakawa, S. and Kimura, M. 2009c. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 70, 79–86.
- Wang, G.H., Murase, J., Taki, K., Ohashi, Y., Yoshikawa, N., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009d. *Biol. Fertil. Soils*, 45, 521–529.
- Wang, G.H., Murase, J., Asakawa, S., and Kimura, M. 2010a. *Biol. Fertil. Soils*, 46, 93–102.
- Wang, G.H., Watanabe, T., Jin, J.A., Liu, X.B., Kimura, M., and Asakawa, S. 2010b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 831–838.
- Watanabe, T., Cahyani, V.R., Murase, J., Ishibashi, E., Kimura, M., and Asakawa, S. 2009a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 73–79.
- Watanabe, T., Kimura, M., and Asakawa, S. 2009b. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 276–285.
- Watanabe, T., Kimura, M., and Asakawa, S. 2010a. *Biol. Fertil. Soils*, 46, 343–353.
- Watanabe, T., Wang, G.H., Taki, K., Ohashi, Y., Kimura, M., and Asakawa, S. 2010b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 56, 705–715.
- Yamazaki, M., Ohtsuka, T., Kusuoka, Y., Maehata, M., Obayashi, H., Imai, K., Shibahara, F., and Kimura, M. 2010. *Fish. Sci.*, 76, 207–217.
- Yoshida, M., Ishii, S., Otsuka, S., and Senoo, K. 2009. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 2044–2051.
- Yoshida, M., Ishii, S., Otsuka, S., and Senoo, K. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 45–48.

土壌生物 その2 群集構造解析法・畑・窒素代謝 鮫島玲子

1. 群集構造解析法

PCR-DGGE法の手順統一とデータベース構築を目的とするeDNAプロジェクト(藤井ら, 2010; 對馬, 2010)では、糸状菌プライマーの開発(Hoshino and Morimoto, 2008; Takada-Hoshino and Morimoto, 2010), ゲル作成時の温度制御(松下ら, 2010), 統計的評価法(包・對馬, 2009; 鈴木・竹中, 2009), 沖縄ジャーガル土壌への適用(宮丸ら, 2010)などの検討実験が行われた。細菌(森本・星野(高田), 2008)と線虫(大場・岡田, 2008)を対象とするPCR-DGGE法の手順も紹介された。T-RFLP法では、定量PCRと組み合わせられた方法(西澤ら, 2010)や、線虫群集への応用(大場・岡田, 2010)が紹介された。新手法ではマイクロアレイによる土壌細菌叢解析の試み(久原, 2009), 植物根圏微生物メタゲノム解析に向けた取り組み(信濃・海野, 2010), PCR-DGGEとメタゲノムウォーキングによる機能遺伝子の全長を回復するための新しいアプローチ(Morimoto and Fujii, 2009.), 新規に開発した制限酵素断片長多型に基づくシステムのタンパク質分解細菌群集解析

への応用 (Watanabe *et al.*, 2008), クラスターベースピークアライメントアルゴリズムの応用 (Ishii *et al.*, 2009) が紹介された。

浅川・村瀬 (2010) は微生物調査法や環境微生物を調べる際の難しさについて解説した。河野・橋本 (2009) は、洗浄音波法により分画した細菌群集の由来について調査した。研究対象とする微生物群集を効率よく検出するために、環境 DNA を迅速かつ簡便に (須賀ら, 2008), あるいは細菌細胞を集積し (Ikeda *et al.*, 2009) 抽出するサンプルの調製法が考案された。また、細胞分裂阻害剤とマイクロマニピュレーターを利用し機能する細菌一細胞を分離する方法が開発された (妹尾ら, 2009; Ashida *et al.*, 2010; Ishii *et al.*, 2010)。土壌における農薬分解および脱窒作用で機能する微生物群集を解析する SIP 法を用いた研究成果が紹介された (妹尾・石井, 2010; 妹尾ら, 2009)。土壌 RNA 解析法の改良や展望が解説された (藤井ら, 2008)。

2. 畑

陸稲畑における古細菌 (Nishizawa *et al.*, 2008) および糸状菌 (Nishizawa *et al.*, 2010) の多様性が T-RFLP 法を用いて解析された。キャベツ連作土壌において季節と土壌管理が土壌微生物群集に影響を及ぼすことがリン脂質脂肪酸分析によって評価された (Tabuchi *et al.*, 2008)。液状家畜糞尿施用土壌において、*Serratia marcescens* の土壌プロテアーゼ遺伝子は生の家畜糞尿由来であると考えられた (Watanabe, 2009)。スラリー施用は耐水土壌団粒を増加させ、糸状菌数を優占させた (Kohno and Hashimoto *et al.*, 2008)。有機物施用土壌のアルカリホスファターゼ遺伝子保有細菌群集構造は土壌全体の活性を決定する可能性が示唆された (Sakurai *et al.*, 2008)。チェリートマトの有機農場土壌と慣行農場土壌では PCR-DGGE 法による糸状菌群集 (Sekiguchi *et al.*, 2008) は異なっていたが、リン脂質脂肪酸分析による土壌微生物群集 (浦嶋ら, 2009) に顕著な差は認められなかった。ポット栽培試験において微生物特性に及ぼす影響は臭化メチル燻蒸、クロロピクリン燻蒸、水蒸気滅菌の順に強かった (Yamamoto *et al.*, 2008)。殺線虫剤が非標的生物である自活性線虫および微生物群集に及ぼす影響について紹介された (和田・豊田, 2009; Wada and Toyota, 2008)。糸状菌群集は土壌型よりも施肥に依存するため土壌の評価の指標となりうることを示された (Suzuki *et al.*, 2009)。ウキクサ根面に生息する微生物群集の培養依存的・非依存的解析と *Verrucomicrobia* 門に属する希少培養生物の変種の単離が行われた (Matsuzawa *et al.*, 2010)。ジャガイモ地上部表面と根圏では系統と産生する *N-Acylhomoserine Lacton* の異なる蛍光性シュードモナスが生息していた (Someya *et al.*, 2009)。ストレス耐性遺伝子組み換えジャガイモの根圏土壌の微生物多様性や酵素活性は植物の遺伝型よりも非生物的要素に強く影響を受けた (Mimura *et al.*, 2008)。Sphingomonads 菌数は作物葉残渣で隣接するバルク土壌より増加した (Murakami *et al.*, 2010)。季節や土地利用はリンゴ果樹園と隣接する

低木林土壌の微生物群集やリンゴ紫紋羽病の寄生に影響を及ぼした (Shishido *et al.*, 2008)。葉圏細菌群の生存戦略、注目すべき機能、葉圏における非培養法による群集構造解析について解説された (須田・宍戸, 2009)。ニュージーランドの羊放牧場土壌における細菌の高いウイルス感染率が示された (Bowatte *et al.*, 2010)。

3. 窒素代謝

硝化脱窒を行う糸状菌、古細菌、および細菌に関する近年の理解の進展が解説された (Hayatsu *et al.*, 2008)。

長江流域の農業地帯に分布する沼の堆積物では上層 5 cm, および夏季においてアセチレン阻害法で評価した脱窒活性が高かったが、硝酸の消失で評価した活性の約 25% しか評価できなかった (Li *et al.*, 2010)。N₂ 発生型の α -Proteobacteria 脱窒細菌の分離には希釈した Nutrient Broth 培地が有効であった (Hashimoto *et al.*, 2009)。温帯混合林の土壌脱窒活性と脱窒細菌が ¹⁵N トレーサー法とクローンライブラリー法で調査された (Katsuyama *et al.*, 2008)。水田の窒素除去能はトンネル被覆区で開放区より高く、また ANAMMOX 活性がトンネル被覆区で脱窒の 1/5 程度だったが開放区では検出されなかった (Kuroda *et al.*, 2010)。

アンモニア酸化古細菌 (AOA), およびアンモニア酸化細菌 (AOB) の、温帯森林土壌での垂直分布と硝化活性の季節変動 (Onodera *et al.*, 2010), アマモ域の砂では菌数と硝化活性の季節変動 (Ando *et al.*, 2009) が調査された。硝化活性を有する pH3.5 の酸性硫酸土壌のマイクロコズムにおいて独特な *amoA* を持つ AOA の存在が示された (Nakaya *et al.*, 2009)。熱帯牧草ウミディゴラの根による生物的硝化抑制は土壌型によって異なり、硝化菌を抑制するが、他の主要な土壌細菌を抑制しなかった (Gopalakrishnan *et al.*, 2009)。ロンガン栽培土壌で使用される塩素酸により硝化は著しく低下した (Sutigoolabud *et al.*, 2008)。長期化学肥料施用区で硝化菌数はコントロールの 10.3 倍、有機物肥料施用区で 3.1 倍だったが、1 細胞あたりの土壌硝化ポテンシャルは有機物堆肥施用区で顕著に高かった (Chu *et al.*, 2008)。

不耕起カバークロープ栽培畑土壌では N₂O 発生への糸状菌の関与が顕著であると考えられた (Zhaorigetu *et al.*, 2008)。糸状菌 *Mortierella elongata* 菌糸内部に β -Proteobacteria が検出されたが、その存在と N₂O 生成には顕著な相関はみられなかった (Sato *et al.*, 2010)。豚糞肥料堆肥化過程における亜硝酸蓄積による N₂O の排出および全窒素損失は無視できないものだった (Fukumoto and Inubushi, 2009)。硝化抑制剤 dicyandiamide は黒ボク土の上層土壌および心土で N₂O 発生を低下させた (Matsushima *et al.*, 2009)。インドネシアのトウモロコシ畑における dicyandiamide による N₂O 発生抑制効果はコントロールの 55.8% で AOB の菌数が N₂O 発生と相関があった (Jumadi *et al.*, 2008a)。酸性茶園土壌の N₂O, CH₄ 発生量はインドネシアより静岡で 5 倍高く、また PCR

-DGGE法で調査した *amoA* 配列はすべて *Nitrosospora* 属の cluster 2 と cluster 3a に属した (Jumadi *et al.*, 2008b).

フェノールで土壤微生物分解過程を阻害した窒素獲得の植物-微生物競合モデル実験が行われた (Ushio *et al.*, 2009). 森林低層植生のシカによる採食の土壤窒素の無機化は強度によって正や負の効果を及ぼした (Niwa *et al.*, 2008).

文 献

- Ando, Y., Nakagawa, T., Takahashi, R., Yoshihara, K., and Tokuyama, T. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 21-27.
- 浅川 晋・村瀬 潤 2010. 根本正之編 身近な自然の保全生態学, p.196-200. 培風館, 東京.
- Ashida, N., Ishii, S., Hayano, S., Tago, K., Tsuji, T., Yoshimura, Y., Otsuka, S., and Senoo, K. 2010. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **85**, 1211-1217.
- 包 智華・對馬誠也 2009. 土と微生物, **63**, 39-43.
- Bowatte, S., Newton, P. C. D., Takahashi, R., and Kimura, M. 2010. *Soil Biol. Biochem.*, **42**, 708-712.
- Chu, H., Fujii, T., Morimoto, S., Lin, X., and Yagi, K. 2008. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 1960-1963.
- 藤井 毅・星野 (高田) 裕子・森本 晶・岡田浩明・對馬誠也 2010. 服部正平監修 メタゲノム解析技術の最前線, p.200-208. シーエムシー出版, 東京.
- 藤井 毅・宮坂知芳・王 勇・小川直人・森本 晶 2008. 植物防疫, **62**, 607-610.
- Fukumoto, Y., and Inubushi, K. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 428-434.
- Gopalakrishnan, S., Watanabe, T., Pearse, S. J., Ito, O., Hossain, Z. A. K. M., and Subbarao, G. V. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 725-733.
- Hashimoto, T., Koga, M., and Masaoka, Y. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 647-659.
- Hayatsu, M., Tago, K., and Saito, M. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 33-45.
- Hoshino, Y. T., and Morimoto, S. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 701-710.
- Ikeda, S., Kaneko, T., Okubo, T., Rallos, L., Eda, S., Mitsui, H., Sato, S., Nakamura, Y., Tabata, S., and Minamisawa, K. 2009. *Microb. Ecol.*, **58**, 703-714.
- Ishii, S., Kadota, K., and Senoo, K. 2009. *J. Microbiol. Methods*, **78**, 344-350.
- Ishii, S., Tago, K., and Senoo, K. 2010. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **86**, 1281-1292.
- Jumadi, O., Hala, Y., Muis, A., Ali, A., Palennari, M., Yagi, K., and Inubushi, K. 2008a. *Microbes Environ.*, **23**, 29-34.
- Jumadi, O., Hala, Y., Anas, I., Ali, A., Sakamoto, K., Saigusa, M., Yagi, K., and Inubushi, K. 2008b. *Geomicrobiol. J.*, **25**, 381-389.
- Katsuyama, C., Kondo, N., Suwa, Y., Yamagishi, T., Itoh, M., Ohte, N., Kimura, H., Nagaosa, K., and Kato, K. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 337-345.
- Kohno, N., and Hashimoto, T. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 725-731.
- 河野伸之・橋本和義 2009. 土肥誌, **80**, 161-164.
- 久原 哲 2009. 土と微生物, **63**, 74-77.
- Kuroda, H., Kato, T., Koshigoe, Y., Yaegashi, D., Horaguti, S., Inubushi, K., Yamagishi, T., and Suwa, Y. 2010. *Desalin. Water Treat.*, **19**, 146-148.
- Li, F., Yang, R., Ti, C., Lang, M., Kimura, S. D., and Yan, X. 2010. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **56**, 66-71.
- Matsushima, M., Choi, W.-J., and Inubushi, K. 2009. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **40**, 3194-3206.
- 松下裕子・森本 晶・包 智華・對馬誠也 2010. 土と微生物, **64**, 107-112.
- Matsuzawa, H., Tanaka, Y., Tamaki, H., Kamagata, Y., and Mori, K. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 302-308.
- Mimura, M., Lelmen, K. E., Shimazaki, T., Kikuchi, A., and Watanabe, K. N. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 221-228.
- 宮丸直子・須賀有子・儀間 靖 2010. 沖縄県農研報, **4**, 1-5.
- Morimoto, S., and Fujii, T. 2009. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **83**, 389-396.
- 森本 晶・星野 (高田) 裕子 2008. 土と微生物, **62**, 63-68.
- Murakami, Y., Otsuka, S., and Senoo, K. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 183-189.
- Nakaya, A., Onodera, Y., Nakagawa, T., Satoh, K., Takahashi, R., Sasaki, S., and Tokuyama, T. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 168-174.
- Nishizawa, T., Komatsuzaki, M., Kaneko, N., and Ohta, H. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 237-243.
- 西澤智康・小松崎将一・金子信博・太田寛行 2010. 土と微生物, **64**, 33-40.
- Nishizawa, T., Zhaorigetu, Komatsuzaki, M., Sato, Y., Kaneko, N., and Ohta, H. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 204-210.
- Niwa, S., Kaneko, N., Okada, H., and Sakamoto, K. 2008. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 699-708.
- 大場広輔・岡田浩明 2008. 土と微生物, **62**, 69-73.
- 大場広輔・岡田浩明 2010. 土と微生物, **64**, 41-48.
- Onodera, Y., Nakagawa, T., Takahashi, R., and Tokuyama, T. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 28-35.
- Sakurai, M., Wasaki, J., Tomizawa, Y., Shinano, T., and Osaki, M. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 62-71.
- Sato, Y., Narisawa, K., Tsuruta, K., Umezu, M., Nishizawa, T., Tanaka, K., Yamaguchi, K., Komatsuzaki, M., and Ohta, H. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 321-324.
- Sekiguchi, H., Hasegawa, H., Okada, H., Kushida, A., and Takenaka, S. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 57-65.
- 妹尾啓史・石井 聡 2010. *RADIOISOTOPES*, **59**, 703-705.
- 妹尾啓史・石井 聡・芦田直明・大塚重人 2009. 生物工学, **87**, 422-424.
- 信濃卓郎・海野佑介 2010. 土と微生物, **64**, 70-71.
- Shishido, M., Sakamoto, K., Yokoyama, H., Momma, N., and Miyashita, S.-I. 2008. *Soil Biol. Biochem.*, **40**, 1460-1473.
- Someya, N., Morohoshi, T., Okano, N., Otsu, E., Usuki, K., Sayama, M., Sekiguchi, H., Ikeda, T., and Ishida, S. 2009. *Microbes Environ.*, **24**, 305-314.
- 須田 互・宍戸雅宏 2009. 土と微生物, **63**, 93-99.
- 須賀有子・堀 兼明・小森冨香・福永亜矢子・池田順一・豊田剛己 2008. 土と微生物, **62**, 121-125.
- Sutigoolabud, P., Mizuno, T., Ongprasert, S., Karita, S., Takahashi, T., Obata, H., and Senoo, K. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 387-392.
- Suzuki, C., Nagaoka, K., Shimada, A., and Takenaka, M. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 80-90.
- 鈴木千夏・竹中 眞 2009. 土と微生物, **63**, 32-38.
- Tabuchi, H., Kato, K., and Nioh, I. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 369-378.
- Takada-Hoshino, Y., and Morimoto, S. 2010. *Microbes Environ.*, **25**, 281-287.

- 對馬誠也. 2010. 土と微生物, 64, 64-69
- 浦嶋泰文・中嶋美幸・金田 哲・岡田浩明・長谷川浩・村上敏文
2009. 土と微生物, 63, 55-63.
- Ushio, M., Miki, T., and Kitayama, K. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 180-187.
- Wada, S., and Toyota, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 331-336.
- 和田さと子・豊田剛己. 2009. 土と微生物, 63, 18-25.
- Watanabe, K. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 42-52.
- Watanabe, K., Okuda, M., and Koga, N. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 204-215.
- Yamamoto, T., Ultra Jr, V. U., Tanaka, S., Sakurai, K., and Iwasaki, K. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 886-894.
- Zhaorigetu, Komatsuzaki, M., Sato, Y., and Ohta, H. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 201-208.

土壤生物 その3 分解代謝

小川直人

1. コンポストの微生物相解析と病原菌のコントロール

コンポストの生産や、土壤やコンポスト中の人に対する病原菌のコントロールの観点からの研究が進展した。

コンポスト中の好熱性アンモニア酸化細菌を培養する新たな培地が考案され (Shimaya and Hashimoto, 2008), 微生物のリン脂質脂肪酸組成がコンポストの成熟度の指標となり得ることが示された (Kato and Miura, 2008). 稲わら由来のコンポスト生成過程における T4-type フェージ群集の遷移が解析され (Cahyani *et al.*, 2009b), その過程での微生物群集解析に関する総説が出版された (Cahyani *et al.*, 2009a).

土壤中の人間の病原菌抑制のために、大腸菌を使って太陽熱消毒法が有効であることが示された (Wu *et al.*, 2009a). 一方、土壤微生物は薬剤や太陽熱による土壤消毒で一時的に抑制されるが、一作期間中にほぼ回復することが示された (和田ら, 2008). また、牛糞堆肥中の大腸菌を細菌細胞だけを分離して FISH 法で検出することで、可視化、計数する方法が開発された (Wu *et al.*, 2009b). 土壤中の大腸菌の生残性に関する総説が出版された (大友, 2008).

放線菌 *Amycolatopsis* がそのキトサナーゼによって、糸状菌に抗菌活性を示すことが判明した (Saito *et al.*, 2009). 日本各地の耕地土壤の DNA の解析により、土壤中のキトサナーゼ遺伝子の多様性が示された (Terahara *et al.*, 2009).

2. 難分解性物質の分解と環境浄化

難分解性物質の微生物分解の研究が広く進められ、とくに分解性が低い農薬や高塩素置換有機物の研究が進展した。

従来、嫌氣的分解しか知られていなかったヘキサクロロベンゼンについて、初めて、好氣的分解を行う *Nocardioide*s 属細菌の株が分離され、分解経路が解析された (Takagi *et al.*, 2009). アトラジン等のトリアジン系除

草剤の分解細菌の分解酵素について、活性に必須なアミノ酸残基が明らかにされた (Yamazaki *et al.*, 2008a). また、トリアジン系除草剤の分解に、木炭利用の複合微生物系の有効性が示された (Yamazaki *et al.*, 2008b). ディルドリンを従来の分解菌よりも高い割合まで分解する糸状菌 (Kataoka *et al.*, 2010a) 及び、有機塩素系殺虫剤エンドスルファンを分解する新規の糸状菌 2 株が分離された (Kataoka *et al.*, 2010b). 有機ヒ素化合物ジフェニルアルシン酸の分解細菌が分離された (Harada *et al.*, 2010).

高塩素置換の有機化合物の微生物分解は、好氣的分解よりも嫌氣的分解の方が有利な場合が多い。マイクロコズムの PCR-DGGE 等による解析で、新種の *Dehalococcoides* 類を含む細菌群がテトラクロロエテン等の還元的脱塩素化を行うことが明らかにされ (Futamata *et al.*, 2007; Futamata *et al.*, 2009). *Dehalococcoides* 類の徹好氣的培養系により、塩素化ダイオキシン類の除去が行われることが示された (Narihito *et al.*, 2010). また、汽水環境土壤では、塩濃度等の違いにより、還元的脱塩素反応で分解されるクロロフェノールの種類が異なることが判明した (Itoh *et al.*, 2010).

芳香族塩素化合物分解菌では比較的研究例の少ない α -プロテオバクテリアに属する *Bradyrhizobium* の 2, 4-D 分解酵素の基質特異性が解析された (Huong *et al.*, 2007). *Sphingomonas* 類の γ -HCH (γ -BHC) 分解菌の進化に関して、複数の遺伝子からの分解経路の構築が、1つの場所でも独立に複数回起こることが推定された (Yamamoto *et al.*, 2009).

PCR-DGGE 法の応用により、実際の土壤中での 2, 4-D や 2, 4, 5-T の分解 (Huong *et al.*, 2008), また 3-クロロ安息香酸の分解 (Morimoto *et al.*, 2008) に主要な役割を果たす細菌が分離された。芳香族化合物分解の鍵酵素である芳香環水酸化ジオキシゲナーゼ遺伝子の各種土壤中における多様性が示された (川浦ら, 2008). 土壤の石油系炭化水素汚染の除去の条件がマイクロコズムで調べられた (Chien *et al.*, 2010). 植生と草地管理が腐植質分解微生物に与える影響が解析され (Yanagi *et al.*, 2008), リグニンの構成物質を資化する *Pseudomonas* 類の多様性が示された (Nonaka *et al.*, 2008).

汚染水等からホウ素を集積する微生物が分離され (Miwa and Fujiwara, 2009), 土壤中の重金属耐性微生物の生態と浄化への利用に関する総説が出版された (國頭・松本, 2010).

3. ゲノム情報の利用と環境微生物の新たな特性解明

ゲノム解明された微生物の情報を生かして、土壤環境との関係を解析する研究やそのための手法の構築が進展した。

多様な有機化合物を資化する *Burkholderia multivorans* ATCC17616 株と PCB 分解菌 *Rhodococcus* sp. RHA1 株について、ゲノム情報を使った全ゲノムレベルでの遺伝子機能解析の研究が紹介された (津田ら, 2008; 福田, 2008). また、滅菌土壤中増殖している細菌の mRNA の抽出に

より遺伝子発現解析が可能な事が示された (Wang *et al.*, 2008).

共生窒素固定菌のゲノム解明株 *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 株について、リグニン由来物質の1つであるバニリン酸分解経路が解析された (Sudtachat *et al.*, 2009).

Streptomyces coelicolor A3 (2) 株で、ABC トランスポーターによるキトビオースの取り込みがキチナーゼ遺伝子群の発現に必須であることが示された (Saito *et al.*, 2008). 芳香族塩素化合物分解遺伝子群の転写調節因子の誘導物質を認識するアミノ酸残基が同定された (Lang and Ogawa, 2009).

複数種の細菌によるバイオフィルム形成能が、特定の種の組み合わせで強くなり、同時に芳香族化合物の分解能が強くなることが判明した (Yoshida *et al.*, 2009). メタン生成古細菌の形態変化に関わる遺伝子として初めて、*Methanosarcina mazei* の凝集状態から単一細胞への解離を行う酵素の遺伝子が報告された (Osumi *et al.*, 2008).

文 献

- Chayani, V.R., and Kimura, M. 2009a. In J.C. Pereira and J.L. Bolin (ed.) Composting: Processing, Materials and Approaches, p. 69–112. Nova Science Publ., NY.
- Cahyani, V., Murase, J., Asakawa, S., and Kimura, M. 2009b. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 468–477.
- Chien, H., Kao, C., Liu, J., Takagi, K., and Surampalli, R. 2010. *J. Environ. Eng.*, 136, 597–606.
- 福田雅夫 2008. 土と微生物, 62, 84–88.
- Futamata, H., Kaiya, S., Sugawara, M., and Hiraishi, A. 2009. *Microbes Environ.*, 24, 330–337.
- Futamata, H., Yoshida, N., Kurogi, T., Kaiya, S., and Hiraishi, A. 2007. *ISMEJ.*, 1, 471–479.
- Harada, N., Takagi, K., Baba, K., Fujii, K., and Iwasaki, A. 2010. *Biodegradation.*, 21, 491–499.
- Huong, N.L., Itoh, K., Miyamoto, M., Suyama, K., and Yamamoto, H. 2007. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71, 1691–1696.
- Huong, N.L., Itoh, K., and Suyama, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 142–148.
- Itoh, K., Mihara, Y., Tanimoto, N., Shimada, T., and Suyama, K. 2010. *J. Environ. Sci. Health B.*, 45, 399–407.
- Kataoka, R., Takagi, K., Kamei, I., Kiyota, H., and Sato, Y. 2010a. *Environ. Sci. Tech.*, 44, 6343–6349.
- Kataoka, R., Takagi, K., and Sakakibara, F. 2010b. *J. Pestic. Sci.*, 35, 326–332.
- Kato, K., and Miura, N. 2008. *Bioresour. Technol.*, 99, 3372–3380.
- 川浦 慶・大塚重人・西山雅也・妹尾啓史 2008. 土と微生物, 62, 114–120.
- 國頭 恭・松本 聰 2010. 地球環境, 15, 37–44.
- Lang, G.H., and Ogawa, N. 2009. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 83, 1085–1094.
- Miwa, H., and Fujiwara, T. 2009. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 643–646.
- Morimoto, S., Ogawa, N., Hasebe, A., and Fujii, T. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 285–292.
- Narihiro, T., Kaiya, S., Futamata, H., and Hiraishi, A. 2010. *J. Biosci. Bioeng.* 109, 249–256.
- Nonaka, K., Ohta, H., Sato, Y., and Hosokawa, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 360–364.
- 大友 量 2008. 土と微生物, 62, 55–61.
- Osumi, N., Kakehashi, Y., Matsumoto, S., Nagaoka, K., Sakai, J., Miyashita, K., Kimura, M., and Asakawa, S. 2008. *Archaea.*, 2, 185–191.
- Saito, A., Fujii, T., Shinya, T., Shibuya, N., Ando, A., and Miyashita, K. 2008. *Microbiology.*, 154, 3358–3365.
- Saito, A., Ooya, T., Miyatsuchi, D., Fuchigami, H., Terakado, K., Nakayama, S., Watanabe, T., Nagata, Y., and Ando, A. 2009. *FEMS Microbiol. Lett.*, 293, 79–84.
- Shimaya, C., and Hashimoto, T. 2008. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 529–533.
- Sudtachat, N., Ito, N., Itakura, M., Masuda, S., Eda, S., Mitsui, H., Kawaharada, Y., and Minamisawa, K. 2009. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 5012–5017.
- Takagi, K., Iwasaki, A., Kamei, I., Satsuma, K., Yoshioka, Y., and Harada, N. 2009. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 4452–4458.
- Terahara, T., Ikeda, S., Noritake, C., Minamisawa, K., Ando, K., Tsuneda, S., and Harayama, S. 2009. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 473–480.
- 津田雅孝・西山依里・宮腰昌利・湯原悟志・永田裕二・大坪嘉行 2008. 土と微生物, 62, 93–97.
- 和田さと子・藤野智絵・豊田剛己・岡本 保 2008. 土と微生物, 62, 21–31.
- Wang, Y., Shimodaira, J., Miyasaka, T., Morimoto, S., Oomori, T., Ogawa, N., Fukuda, M., and Fujii, T. 2008. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 72, 694–701.
- Wu, S., Nishihara, M., Kawasaki, Y., Yokoyama, A., Matsuura, K., Koga, T., Ueno, D., Inoune, K., and Someya, T. 2009a. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 258–263.
- Wu, S., Ueno, D., Inoue, K., and Someya, T. 2009b. *Microbes Environ.*, 24, 33–38.
- Yamamoto, S., Otsuka, S., Murakami, Y., Nishiyama, M., and Senoo, K. 2009. *Let. Appl. Microbiol.*, 49, 472–477.
- Yamazaki, K., Fujii, K., Iwasaki, A., Takagi, K., Satsuma, K., Harada, N., and Uchimura, T. 2008a. *FEMS Microbiol. Lett.*, 286, 171–177.
- Yamazaki, K., Takagi, K., Fujii, K., Iwasaki, A., Harada, N., and Uchimura, T. 2008b. *J. Pestic. Sci.*, 33, 266–270.
- Yanagi, Y., Yoda, K., Ogura, K., and Fujitake, N. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 44–48.
- Yoshida, S., Ogawa, N., Fujii, T., and Tsushima, S. 2009. *J. Appl. Microbiol.*, 106, 790–800.

土壌生物 その4 その他

浅川 晋

1. 各種資材と微生物利用

微生物資材についての科学的情報の提供を目指した取り組みが進んだ。資材の品質評価と施用効果判定法の確立に向けた研究会が開催され (橋本, 2009a), 流通実態と課題 (野口, 2009), 韓国における認証制度 (Whang, 2009), 微生物の検出法, 圃場試験による効果判定 (嶋谷ら, 2010), 施用効果判定法試案 (橋本, 2009b) が紹介された。蛍光色素を用いた微生物の迅速検出法が紹介され (染谷, 2007 ;

内田・染谷, 2008), 外来の大腸菌が土壤へ定着し, 長期の生残が可能になる条件が明らかにされた (Ishii *et al.*, 2010). また, アジアにおける微生物資材の現状が紹介され (大山ら, 2009), 日本における根粒菌と VA 菌根菌を用いた生物肥料生産の現状と課題が報告された (Yokoyama and Ohyama, 2007). 微生物の利用では, 有機物を無機化する微生物生態系を構築し有機肥料を用いる養液栽培法が開発され (篠原, 2008a), 根圏微生物と根の相互作用の研究 (篠原, 2008b) や無機肥料生産 (篠原, 2008c) への展望が示された. この他, ソルゴーの生育を促進する新規エンドファイト糸状菌が見いだされ (Diene *et al.*, 2010), 森林土壌の菌核の微生物担体としての有効性が評価された (野々山ら, 2009). また, 微生物を生きたまま種子にコーティングする技術が開発された (橋本・相野, 2010).

2. 土壤動物, 原生生物

原生生物や自活性線虫について研究が展開した. 土壤肥料分野における土壤原生生物や線虫に関する研究の現状と今後の展開についてシンポジウムが行われ (橋本ら, 2009), 土壤生態系での役割を中心にシンポジウムシリーズとしてまとめられた (日本土壤肥料学会, 2009). 進化系統に基づく真核生物の高次分類体系について, 原生生物の多様性に注目して総説がまとめられた (島野, 2009). 系統解析のために重要な技術となる, 繊毛虫 1 個体からの DNA 抽出法 (嶋谷・橋本, 2009) と PCR 法 (Shimano *et al.*, 2008) が開発された. また, 原生動物の存在により脱窒細菌のバイオマスは減少するが, バイオマス当りの脱窒活性が高まることが明らかにされた (松野ら, 2008). 土壤動物では, 不耕起が土壤動物と微生物に与える影響は土壤の深さや生物種ごとに異なること (Miura *et al.*, 2008), 除草剤散布はヨコハラトガリミズに直接的な影響を及ぼさず, リター量や土壤水分を通じて間接的な影響を与えることが示された (金田ら, 2009). また, 防除の観点からナメクジの生育に及ぼす土壤環境の影響の調査法が開発され (佐野ら, 2008), 銅イオンを忌避することが確かめられた (佐野ら, 2009).

3. 多様な土壤環境における微生物

森林火災後の土壤や噴出した火山灰堆積物における微生物相の解析が進んだ. 火災 3~5 年後の植生遷移下の森林土壤では対照の極相の土壤よりも細菌群集構造が不均一で植生の変化による影響を受けたが (Otsuka *et al.*, 2008), 8~9 年後には細菌と放線菌の群集構造に差はなく, アンモニア酸化細菌にのみ影響があった (Isobe *et al.*, 2009). 三宅島の火山灰堆積物の一酸化炭素および水素の吸収活性と一酸化炭素酸化微生物の系統関係が明らかにされ (King *et al.*, 2008), ハワイ島の火山噴出物の調査からメタン酸化活性は植生と土壤が発達した部位に限られることが示された (King and Nanba, 2008). また, 三宅島の火山灰堆積物の細菌群集解析を題材に細菌の生態学的種が論考された (西澤ら, 2010). この他, 黄砂の供給源の黄土高原の細菌群集には Alphaproteobacteria が共通して存在するが多様

性は低いことが示された (Kenzaka *et al.*, 2010).

4. 土壤の生物性の評価, その他

遺伝子情報の利用等, 様々な形で土壤生物性の評価の試みが進められた. 土壤生物性の遺伝子診断技術開発の現状 (eDNA プロジェクト) と将来展望 (農業メタゲノム) が紹介された (妹尾・對馬, 2009). 全ゲノム解読で明らかになった土壤細菌の生存戦略の例 (中澤, 2008), 細菌遺伝子の発現の環境応答や環境中での発現ネットワーク解明へのマイクロアレイの応用 (福田・小川, 2007) が解説された. また, 主に土壤病害を対象とした生物性診断のためのバイオセンサーが開発され, 原理と活用例が紹介された (橋本, 2007, 2008). 土壤中の呼吸活性陽性菌定量法として, CTC-SYBR Green I 二重蛍光染色法が開発され (龍田ら, 2010), MPN 法による菌数推定のための Visual BASIC プログラムの利用マニュアルが作成された (堀ら, 2009). この他, 土壤微生物通信 (1962-1986) の記事をもとに, 寄稿者と現在の研究者が “対話と交流” を試みた記録が出版された (日本土壤微生物学会, 2009, 2010).

5. 文献データベース

本稿では 2008~2010 年度 (一部 2007 年度を含む) 発行の文献を集録した. 収集した文献のデータベース (http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~soil/Asakawa/SSPN_DB.xls) は公開しており, 有効に活用されたい.

文 献

- Diene, O., Takahashi, T., Yonekura, A., Nitta, Y., and Narisawa, K. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 216-219.
- 福田雅夫・小川直人 2007. 化学と生物, 45, 792-797.
- 橋本知義 2009a. 土肥誌, 80, 427-428.
- 橋本知義 2009b. 圃場と土壤, 41-4, 20-24.
- 橋本知義・浅川 晋・村瀬 潤・島野智之・高橋忠夫・岡田浩明・佐藤恵利華・豊田剛己 2009. 土肥誌, 80, 201-206.
- 橋本好弘 2007. バイオセンサ・ケミカルセンサ事典, 軽部征夫監修, p.384-391, テクノシステム, 東京.
- 橋本好弘 2008. 季刊肥料, 109, 98-109.
- 橋本好弘・相野公孝 2010. 植物防疫, 64, 756-761.
- 堀 兼明・須賀有子・小森牙香・福永亜矢子・池田順一 2009. 近中四農研資, 6, 31-45.
- Ishii, S., Yan, T., Vu, H., Hansen, D.L., Hicks, R.E., and Sadowsky, M.J. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 8-14.
- Isobe, K., Otsuka, S., Sudiana, I., Nurkanto, A., and Senoo, K. 2009. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 55, 329-337.
- Kenzaka, T., Sueyoshi, A., Baba, T., Li, P., Tani, K., Yamaguchi, N., and Nasu, M. 2010. *Microbes Environ.*, 25, 53-57.
- 金田 哲・岡野正豪・浦嶋泰文・村上敏文・中嶋美幸 2009. 土肥誌, 80, 469-476.
- King, G.M., and Nanba, K. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 326-330.
- King, G.M., Weber, C.F., Nanba, K., Sato, Y., and Ohta, H. 2008. *Microbes Environ.*, 23, 299-305.
- 松野健二・多羅尾光徳・瀬戸昌之 2008. 土肥誌, 79, 69-75.
- Miura, F., Nakamoto, T., Kaneda, S., Okano, S., Nakajima, M., and Murakami, T. 2008. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 406-414.
- 中澤晶子 2008. 土と微生物, 62, 79-83.
- 日本土壤微生物学会 2009. 過去と対話してみませんか? 土壤微生物通信 (1962-1986) 探訪 (1), 服部勉編, p.125, 博友社, 東京.

- 日本土壤微生物学会 2010. 「通信」の時代と現在の間 土壤微生物通信 (1962-1986) 探訪 (2), 服部勉編, p.149, 博友社, 東京.
- 日本土壤肥料学会 2009. 土壌の原生生物・線虫群集—その土壌生態系での役割—, p.172, 博友社, 東京.
- 西澤智康・佐藤嘉則・藤村玲子・太田寛行 2010. 化学と生物, **48**, 688-694.
- 野口勝憲 2009. 圃場と土壌, **41-3**, 12-18.
- 野々山弥・成澤才彦・太田寛行・渡邊眞紀子 2009. 生物工学, **87**, 518-522.
- 大山卓爾・横山 正・安藤象太郎 2009. 農及園, **84**, 203-212.
- Otsuka, S., Sudiana, I., Komori, A., Isobe, K., Deguchi, S., Nishiyama, M., Shimizu, H., and Senoo, K. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 49-56.
- 龍田典子・王 曉丹・上野大介・井上興一・染谷 孝 2010. 土と微生物, **64**, 18-24.
- 佐野修司・田中 寛・柴尾 学・内山知二 2008. 大阪環農水研報, **1**, 44-45.
- 佐野修司・田中 寛・柴尾 学・内山知二 2009. 近中四農業研究, **15**, 13-15.
- 妹尾啓史・對馬誠也 2009. 圃場と土壌, **41-4**, 6-10.
- 島野智之 2009. 日微生態誌, **24**, 61-66.
- Shimano, S., Sanbe, M., and Kasahara, Y. 2008. *Microbes Environ.*, **23**, 356-359.
- 嶋谷智佳子・橋本知義 2009. 土肥誌, **80**, 157-160.
- 嶋谷智佳子・橋本知義・岡 紀邦・竹中 眞 2010. 土肥誌, **81**, 148-152.
- 篠原 信 2008a. 化学と生物, **46**, 230-232.
- 篠原 信 2008b. バイオフィルムの基礎と制御, p.357-369, エヌ・ティー・エス, 東京.
- 篠原 信 2008c. 農林水産技術研究ジャーナル, **31**, 44-46.
- 染谷 孝 2007. 肥料土づくり資材大事典, 農文協編, p.1031-1042, 農文協, 東京.
- 内田一成・染谷 孝 2008. 季刊肥料時報, 2008-2, 57-70.
- Whang, K.-S. 2009. 土肥誌, **80**, 429-431.
- Yokoyama, T., and Ohyama, T. 2009. *FFTC Ext. Bull.*, **600**, 1-9.
-