

(公財) 農学会・日本農学アカデミー共同主催

公開シンポジウム

# 「人類を支える微生物の力」

平成 27 年 3 月 7 日 13 時～

東京大学弥生講堂

# 目 次

開催趣旨 .....	1
(公財) 農学会会長 長澤 寛道	
講演要旨	
食を豊かにする働き者・微生物 .....	3
協和発酵バイオ(株) 橋本 信一	
抗生物質研究の興隆、衰微、ルネサンス .....	5
理研環境資源科学研究センター 長田 裕之	
環境を守る微生物 .....	7
長岡技術科学大学・生物系 福田 雅夫	
昆虫の大繁栄を支える共生微生物 .....	9
(独)産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 菊池 義智	
食料と環境を支える土の微生物 .....	11
東京大学大学院農学生命科学研究科 妹尾 啓史	
講演者プロフィール .....	13

## シンポジウム開催の趣旨

本シンポジウムは公益財団法人農学会と農学アカデミーの共催で開催します。両団体とも農学に関する研究及び教育を振興し、持続的な農林水産業の発展を図ることにより、人類福祉の向上に寄与することを共通の目的として活動しています。本シンポジウムは農学分野で得られた研究成果の啓発活動の一環として企画されました。

今回は「微生物」をキーワードに選びました。「微生物」という言葉を聞くと、有用な微生物よりむしろ病原性の微生物や食品に生えたカビなど、負のイメージを連想することが多いかもしれません。しかし、身の回りには発酵食品やくすりなど微生物の能力を生かして生産されたものがたくさんあります。農学は生物の持っている様々な機能を解明し、それを積極的に利用する学問として発展してきました。植物や動物は、作物として、あるいは家畜として直接人類の生存を支えてきたことは周知のことではありますが、通常肉眼では見ることができない微生物がわれわれの日常生活に、また生存にとって極めて重要な役割をしているにもかかわらず、一般にはその役割は断片的にしか知られていないのではないかと思います。本シンポジウムでは、「微生物」が有する特に有用面を、発酵食品、創薬、環境浄化、共生、土壌生態系の5つの分野について取り上げ、微生物がいかに人類の生存に貢献しているかをそれぞれの専門分野のトップで活躍しておられる先生方からわかりやすく解説していただき、微生物が果たしている役割の理解を深めていただくことを目的としました。

近年の生命科学の急速な発展によって、植物や動物に比べてより単純な基本情報や活動様式をもつ微生物のいろいろな仕組みが細部にわたって明らかにされつつあります。大腸菌をはじめとする微生物を使って生命科学の基礎が築かれ、またバイオテクノロジーの応用への発展もなされてきました。一昔前は無限の可能性を秘めた存在に思っていた多様な微生物が、全ゲノム解読によってむしろその可能性の限界が見えてきているという状況になりつつあります。しかし、現在われわれはすべてを知り尽くしたという状況からはまだ程遠い状態にあり、未知の部分はたくさん残されています。その未知の部分に大きな可能性が残されていることを期待しています。

本シンポジウムを通して、微生物の存在と活動なくしては人類は生きていけないことを認識していただけたと思います。我々が直面している食料問題や環境問題に「微生物」が有効に利用されるを期待しています。

平成27年3月7日

(公財) 農学会会長 長澤寛道

## 食を豊かにする働き者・微生物

橋本信一  
協和発酵バイオ(株)

コンビニエンスストアに行って食品や飲料の棚を見回してみてください。さまざまな食べ物や飲み物が並んでいます。パンやインスタントラーメン、ビールやヨーグルトなどなど。実はこれらの食品の殆どに微生物の力が関わっているのです。微生物は目に見えない小さな生き物ですが、私たちの食生活を支える大きな働きをしています。見えない小人の大きな働きについて紹介します。

微生物と食べものというピンとこなくても、発酵と言えば少し親近感が湧くのではないのでしょうか？発酵はまさに微生物の働きそのものです。

発酵と言えばお酒ですね。お酒は有史以前の昔から人類とともにあったと言われています。ブドウなど果物の実が酵母などによって発酵することによってワインなどのお酒ができます。科学的には、果物中の糖分が微生物によってアルコールに代謝される過程が発酵です。およそ 8,000 年前にはメソポタミアでワインづくりが始まっていたと推定されています。ワインだけでなくビールや日本酒など世界各地にはそれぞれ特徴のあるお酒があります。日本酒はかなり複雑な工程を経て作られるお酒ですが、10 世紀ころには既にその製法が使われていたようです。

酢は発酵でできたお酒(アルコール)がさらに別の微生物によって酸化されることでできます。ですからその起源もおそらくお酒と同じくらい古いでしょう。パンを膨らませるのも微生物の発酵の力です。自宅でパンを作ったことのある方なら、パン生地に酵母を加えて膨らませる工程があることを御存じと思います。これはパン生地のなかの糖分が酵母によって二酸化炭素へ代謝され、この二酸化炭素で生地が膨らむのです。ヨーグルトは牛乳を乳酸菌で発酵させたものです。チーズの製造にも乳酸菌が使われます。味噌や醤油は、麹カビ、乳酸菌、酵母などが連携して発酵することでできます。納豆は大豆が枯草菌という微生物によって発酵したものです。だんだん好みが分かれる食品になってきました。実際、世界にはかなり奇妙奇天烈発酵食品もあります。

このように長い歴史をもつ発酵ですが、発酵が微生物の働きによることがわかったのは今から 150 年ほど前のことです。有名なフランスのルイ・パスツールによってワイン発酵は酵母によって起こることが証明されたのがその最初です。その後さまざまな発酵のメカニズムが明らかにされました。微生物学や技術の進歩は、発酵技術や管理方法を進歩させ、よりおいしい製品を安定してたくさん安価に作ることを可能にしました。

食と微生物の長い歴史のなかで、戦後日本から大きな貢献がありました。アミノ酸発酵の発明です。微生物から人まで、生物の体は蛋白質で形作られています。この蛋白質を構成するのが 20 種類のアミノ酸です。その一つ、グルタミン酸を微生物によって生産させることに

1956年に成功したのです。グルタミン酸のナトリウム塩は、いわゆる味の素です。発酵法のおかげでうま味が安く実現できるようになり、それがインスタントラーメンの成功の一つの鍵だったとインスタントラーメンの発明者である安藤百福さんは言っています。

この発明をきっかけにさまざまなアミノ酸や核酸を発酵によって作らせる技術が開発されました。今では世界中で年間500万トン以上のアミノ酸が発酵によってつくられています。グルタミン酸は調味料用ですが、リジンやスレオニン他家畜のえさに加えて飼料効果を高めます。これらも間接的に私たちの食に貢献しているといえます。

さらにこの20年くらいでアミノ酸の栄養効果が明らかになってきました。たとえばBCAAと呼ばれるバリン、ロイシン、イソロイシンというアミノ酸を運動前後に摂取すると筋肉の疲労回復が早まるとか、オルニチンは肝臓の働きを助けるといったことです。こうしたアミノ酸を適切な場面で摂取することで、より健康で活動的な生活ができるようになると期待されます。

アミノ酸だけでなく様々な生物体内にある化合物に、今まで知られていなかった栄養機能があることが明らかになってきています。こうした物質はもともと体内にあるのですから、微生物によって作ることも可能になっていくでしょう。長い歴史を通じて微生物の力は人類の食を豊かにしてきました。そしてこれからもっと様々な形で人々の暮らしを支え・豊かにしていくことが期待されているのです。



# 抗生物質研究の興隆、衰微、ルネサンス

長田裕之<sup>\*, \*\*)</sup>

<sup>\*)</sup>理化学研究所長田抗生物質研究室、<sup>\*\*)</sup>理研環境資源科学研究センター

1950-60年代には、抗生物質探索は黄金期にあつて、次々に新規抗生物質が上市された。しかし、1980年以降、新規抗生物質は合成および半合成が主流となり、微生物から新しい抗生物質が開発される確率は減少した。その結果、ランダムスクリーニングは、効率的ではないと考える製薬企業では、微生物からの抗生物質探索を断念して、化学合成による製薬、さらには抗体医薬の開発に切り替えている。

しかし、抗菌抗生物質の探索は下火になったとは言え、微生物由来の生物活性物質からは、抗菌活性だけでなく、免疫抑制剤やコレステロール合成阻害剤など切れ味のよい薬理活性物質や抗腫瘍剤が単離されており、天然物およびその誘導体の有用性は未だに衰えていない。

我々の研究を例として、微生物探索による創薬にどのような問題点があるのか考察し、さらにその問題点を克服するために、現在どのような方策がとられているのか紹介したい。

微生物スクリーニングの弱点は、様々あるが、主な弱点として次の三点があげられる。第一の弱点は、製薬会社が行っている大規模化合物ライブラリーを用いたハイスループットスクリーニング (HTS) に適さない点である。第二の弱点は、微生物代謝産物を用いたスクリーニングでは、ヒットした化合物の精製に時間と手間がかかる、あるいは同じ化合物を繰り返して単離してしまう点である。第三の弱点は、せつかく目的に近い物質を見出しても、構造が複雑で化学合成による誘導体展開が難しい点である。

以下にそれらの問題点を克服するための試みを述べる。

1. 化学構造が明らかになっている化合物ライブラリーに比べて、微生物培養液は、構造未知の化合物の混合液である。微生物の培養液は、様々な小分子化合物を含んでおり、化学構造の面からも生物活性の面からも、多様性に富んでいる。純品の化合物は HTS に向いているが、混合物の場合は、細胞の形態変化を指標にしたハイコンテンツスクリーニング (HCS) に向いている。

2. 微生物培養液から化合物を純品にまで精製することに手間がかかる点が弱みであるが、微生物培養液を、極性と分子量によって粗別け (フラクション化) する程度なら手間はほとんどかからない。このようにして得られる「フラクションライブラリー」には、微生物が生産する代謝産物を取りこぼしなく収集されており、また微量で見落としがちな有用物質が濃縮されているため、魅力的な天然物化合物ライブラリーとしてスクリーニングに供することができる。また、一旦フラクションライブラリーを構築してしまえば、各フラクションに数種類の化合物が混在していても、そこに存在する化合物の分子量と UV スペクトルを取得しているので、あとで欲しい化合物を純品にまで精製することが可能である。

我々は、各フラクションが有する LC/MS の溶出時間と m/z、そしてフォトダイオードアレ

イの測定結果、X軸（HPLCの保持時間）、Y軸（ $m/z$ ）、Z軸（UV）に展開した Natural Products Plot (NPPlot) を作製した。菌株毎に NPPlot を作製した後、全ての NPPlot を重ね合わせると、糸状菌、あるいは放線菌に共通に表れるスポットと、その株固有のスポットがあることが容易に判別できた。

3. 精密有機合成化学の進歩により、抗腫瘍剤エリブリンのように複雑な化合物でも全合成によって上市することが可能になっている。それ以上に、最近の生合成遺伝子のクローニング技術および代謝工学の発展は、微生物が生産する生理活性物質を、大量に生産させること、および望む誘導体を選択的に生産させることが可能になってきた。今後、微生物産物に関しては、生産性を不安視する必要はなくなると思われる。

前世紀末から、微生物創薬の機運はやや沈滞していた感があるが、最近状況が変わってきたように感じる。米国の工業微生物学会 (SIMB) の呼びかけで、今年(2015年)1月に、日本放線菌学会、韓国工業微生物学会が共催して、微生物及び天然物創薬の国際会議が米国サンディエゴで開催された。会議では、微生物ゲノムの解読、生合成遺伝子のクローニングが容易になったことで、これまでには考えられなかった微生物創薬の可能性が相次いで紹介された。本講演では、米国のアカデミア、ベンチャー企業の新しい試み（まさに微生物創薬のルネサンスともいべき状況）についても紹介したいと思う。

#### 参考文献

- 1) Kato N, Takahashi S, Nogawa T, Saito T, Osada H.: Construction of a microbial natural product library for chemical biology studies. *Curr Opin Chem Biol*, 16: 101-108 (2012)
- 2) Osada H, Nogawa T.: Systematic isolation of microbial metabolites for natural products depository (NPDepo) *Pure Appl Chem*, 84: 1407-1420 (2012)
- 3) Takahashi S, Toyoda A, Sekiyama Y, Takagi H, Nogawa T, Uramoto M, Suzuki R, Koshino H, Kumano T, Panthee S, Dairi T, Ishikawa J, Ikeda H, Sakaki Y and Osada H.: Reveromycin A biosynthesis uses RevG and RevJ for stereospecific spiroacetal formation. *Nature Chem Biol*, 7: 461-468 (2011)

# 環境を守る微生物

福田 雅夫

長岡技術科学大学・生物系

## 1. はじめに

微生物は自然界で多様な物質代謝能力を発揮して地球規模の元素循環に大きな役割を果たしている。一方、下水・廃水処理や生ゴミの堆肥化では微生物の力が利用されており、農業分野では微生物農薬や根粒菌などの微生物資材が環境中（圃場）で使用されている。また、環境分野では環境汚染の浄化に微生物を利用する技術が使われている。本講演では環境汚染を浄化して環境を守る微生物の利用について紹介する。

## 2. 環境汚染と浄化技術

日本では過去の深刻な環境汚染を教訓にして廃水・廃棄物・排ガスにかかわる厳しい規制が実施され、極端な汚染問題は目立たなくなった。しかし、過去に使用した残留性農薬で汚染された野菜の出荷停止や、新たに有害性が指摘された有機溶剤による地下水汚染の発覚が生じており、浄化を必要とする汚染は後を絶たない。汚染物質では鉛・砒素・クロム・水銀・カドミウムなどの重金属類、トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン・ベンゼンなどの揮発性有機化合物（VOC）、シマジン・ディルドリンなどの有害農薬、PCB を含むダイオキシン類、ガソリン・灯油・重油・原油を含む石油類が報告の大半を占める。重金属の汚染では土壌を入れ替える客土や土壌洗浄などの物理的な方法が採用される。重金属以外の汚染物質の多くは有機物質であり、燃焼や触媒を用いた酸化・還元などの化学的方法やコンクリートで固めてしまう固定化などの物理的方法とともに微生物の代謝能を活用したバイオ技術が適用される。細菌やキノコなどの微生物の他に植物を用いる方法が開発されておりバイオレメディエーションと呼ばれているが、実用的には細菌を活用する方法が使用されている。バイオレメディエーションは物理的方法や化学的方法に比べ、大がかりな装置や作業が不要でコストが安く、汚染物質を分解・無毒化して根本的解決をもたらす、地下の汚染物質に微生物を直接作用させる原位置修復ができる利点がある。しかし、微生物の活性を損なう高濃度の汚染には適用出来ないことや浄化に要する期間が長いという欠点がある。

## 3. 微生物の利用方法と浄化のメカニズム

現在、バイオレメディエーションが用いられているのは主に VOC や石油類である。これらの汚染物質については周辺の土壌や地下水に十分な分解能を備えた土着微生物群が生存している場合が多く、これらの土着微生物群の増殖を促進する栄養分や分解能を活性化させる資材



を投入して浄化を進めるバイオスティミュレーションが用いられる。十分な分解能を備えた土着微生物群が生存せず浄化が進まない場合には、十分な分解能を備えた外来微生物を栄養分や活性化資材と共に導入して浄化を進めるバイオオーグメンテーションが用いられる。

事例の多いトリクロロエチレン・テトラクロロエチレンを含むクロロエテン類の浄化にはバイオスティミュレーションと共にバイオオーグメンテーションが適用されている。一般に嫌気性細菌のデハロココイデス属菌が活躍しており、同菌の持つ脱塩素酵素（デハロゲナーゼ）がクロロエテン類の塩素を取り除いてエチレンに変換することが知られている。一方、好気性細菌ではトルエンやフェノール、メタンなどを酸化分解する酸素添加酵素（オキシゲナーゼ）がクロロエテン類を脱塩素分解することが知られている。これらのオキシゲナーゼはトルエンやフェノール、メタンなどの存在下で誘導生産されるので、使用する浄化用細菌にこれらの物質を予め供給する必要がある、好気性浄化用細菌の活用は進んでいない。我々はクロロエテン類でオキシゲナーゼを誘導生産する浄化用細菌の実用化を進めている。クロロエテン類以外の VOC や石油類では同様のオキシゲナーゼを含む分解酵素系により代謝されて炭素源として増殖に利用される。オキシゲナーゼの反応には酸素分子 (O<sub>2</sub>) が必要であり、空気や酸素放出剤を投入して酸素を供給する必要がある。

#### 4. おわりに

バイオオーグメンテーションで使用する微生物については環境省と経産省で作成した指針に沿って安全性が確認されている。バイオオーグメンテーションに用いる微生物の濃度や活性を維持することは重要であり、環境中で標的微生物の増減や活性を把握して制御する技術の深化が望まれる。

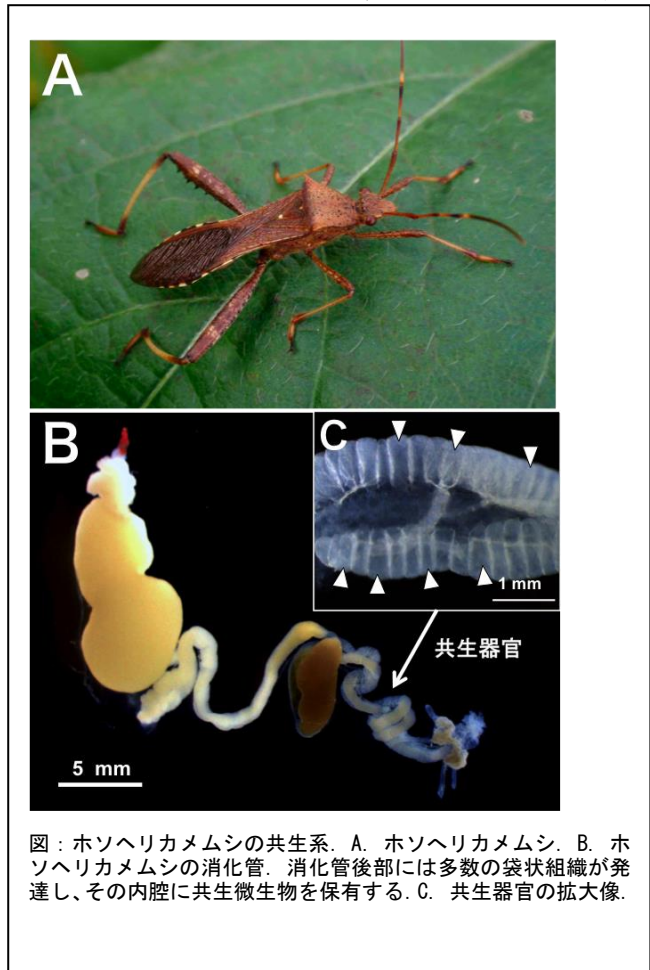
# 昆虫の大繁栄を支える共生微生物

菊池 義智

(独)産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門

昆虫は現在 100 万種以上が知られる多様な生物群である。この種数は陸上動物種の約 4 分の 3 を占めるほどで、もちろん微生物の多様性には遠く及ばないものの、地球上で最も繁栄した生物グループの 1 つであることは間違いないだろう。なぜ昆虫はこれほどまでに大繁栄することができたのだろうか？その理由としては、小型軽量な体のために微小環境を利用することができる点や、翅を持つために広範囲の移動が可能など幾つか考えられるが、1 つの大きな要因として、昆虫がさまざまな食物を利用可能である点が挙げられる。昆虫には植食性に捕食性、菌食性や木材食性など多種多様な食性が見られ、ありとあらゆるものを餌として利用しているといっても過言ではない。中には難分解性の餌や、明らかに栄養的に偏った餌のみを食べている昆虫も少なくない。例えば、シロアリは難分解性の木質のみを餌として

生きており、アブラムシなどの吸汁性昆虫は必須アミノ酸がほとんど含まれていない植物師管液を主食としている。また、シラミやツェツェバエなどが餌とする脊椎動物の血液には、昆虫の成長に必須なビタミン B 類がほとんど含まれていない。このような我々の栄養生理学的常識から逸脱した昆虫は、ほとんど例外無くその体内に共生微生物を保有していることが知られている。昆虫の体内で、共生微生物は消化管に発達する「盲嚢」と呼ばれる袋状組織や「菌細胞」と呼ばれる特殊な細胞の中に局在しており、宿主昆虫と緊密な相互作用を行っている。昆虫の共生微生物は、例えばシロアリにおいては木質の分解に、アブラムシにおいては必須アミノ酸の合成に、シラミやツェツェバエにおいてはビタミン B 類の合成にそれぞれ寄与しており、これにより宿主昆虫は栄養的に偏った餌でも問題なく成長し繁殖することができるのだ。つまり、昆虫に見られる多様な食性、ひいては昆虫の大繁栄は、共生微生物によって支えられていると言っても過言ではないだろう。



図：ホソヘリカメムシの共生系。A. ホソヘリカメムシ。B. ホソヘリカメムシの消化管。消化管後部には多数の袋状組織が発達し、その内腔に共生微生物を保有する。C. 共生器官の拡大像。

近年、これら宿主昆虫の栄養代謝への寄与に加え、高温感受性や病原菌耐性、毒素生産、性転換、体色変化など、昆虫の環境適応において共生微生物が重要な役割を果たす事例も次々に明らかとなってきた。昆虫の共生微生物は小さくて目には見えないが、昆虫の”生きざま“に多大な影響を与えていると言えるだろう。本講演では、これら昆虫において多様な役割を果たす共生微生物について紹介するとともに、私が最近発見した共生微生物の新規機能「宿主昆虫への殺虫剤抵抗性能力の賦与」について、最新の知見を交えて紹介したい。

# 食料と環境を支える土の微生物

妹尾 啓史

東京大学大学院農学生命科学研究科

土壌には膨大な数の多種多様な微生物が生息しています。代表的な土壌微生物として細菌、放線菌、糸状菌が挙げられます。ひとつかみの土壌に細菌だけでも地球の人口にまさるほどの数が生息しています。土壌微生物の大部分は陸上生態系における分解者に属し、生産者（主に植物）や消費者（主に動物）の遺体を分解・無機化して再び生産者が利用できる形にするという重要な役割を担っています。一方、土壌微生物と植物の生育との関わりに注目すると、土壌微生物の活動は土壌中の有機物を分解して植物が利用できる無機養分を生み出すとともに、植物にとって好適な土壌環境を作り出すことにより、植物の生育を助けています。土壌微生物の中には、植物と共生してその生育を助けているものもいます。また、植物の養分として最も重要な窒素の形態変化にも土壌微生物が大きく関わっています。このように、生態系の維持や植物生育・作物生産に果たす土壌微生物の役割は極めて大きいと言えます。

作物を持続的に生産して人類が生存するためには、農耕地土壌の肥沃度の向上と維持が重要な課題です。肥沃な土壌の酷使が古代文明の衰退につながったことはあまりにも有名です。中世、近代ヨーロッパでは、土壌の肥沃度維持のための伝統的な様々な農法が考案・改良されてきました。そこでは大気－土壌における窒素循環が順調に動いていたと言えます。空気中の窒素ガスのアンモニアへの固定、堆肥や作物残渣に含まれる有機態窒素からのアンモニア生成、アンモニアからの硝酸生成、硝酸の窒素ガスへの変換が窒素循環の主要な経路です。これらの窒素の形態変化は土壌微生物が担っており、窒素循環は土壌微生物が動かしていると言えます。こうして生成したアンモニアや硝酸を作物が養分として吸収し生育するのです。

やがて化学肥料が登場し、工業的窒素固定の発明も後押しして、大量の化学肥料窒素が農耕地土壌に投入されるようになりました。例えば、1960年から2000年の40年間に世界の化学肥料窒素消費量は6.3倍にもなりました。これは作物生産量の増加につながった一方で、土壌における窒素循環にゆがみを招きました。その結果、土壌からの温室効果ガス $N_2O$ （一酸化二窒素）の発生や、地下水や水系への硝酸の溶脱といった環境問題が起こっています。日本における $N_2O$ ガスの人為的排出源の約1/4は農耕地土壌です。硝酸濃度の高い井戸水を飲用すると血液の酸素運搬が阻害されるメトヘモグロビン血症を発症します。湖沼や沿岸海域への硝酸の流入は富栄養化につながります。

現代・これからの農業には、土壌の肥沃度維持と環境保全の両立が重要課題として求められています。このために、農法や肥料のさまざまな工夫・改良がなされています。また、土

壤微生物の利用にも期待が持てます。例えば、植物の根に共生して養分吸収を助けたり、植物の生育を促進したりする土壤微生物が微生物肥料として製品化され、化学肥料の施用量軽減に役立っています。

一方、水田土壤は畑土壤に比べて  $N_2O$  発生や硝酸溶脱がはるかに少ないことが知られています。これは、水田土壤において硝酸や  $N_2O$  を  $N_2$  (窒素) ガスに還元消去する脱窒微生物の働きが活発であることに由来しています。水田土壤における脱窒反応は 100 年も前に日本の土壤学者により見出されてきました。しかし、それを担っている微生物については長くブラックボックスのままでした。土壤中働いている微生物を調べる研究手法が限られていたことがその一因です。私の研究室では、土壤から微生物の DNA や RNA を直接抽出して解析する最新的手法を用い、また、土壤から微生物を個別に分離する新しい手法も開発して水田土壤で機能している脱窒微生物群を明らかにしてきました。また、その過程で、 $N_2O$  を還元消去する能力が高い微生物を分離し、それが植物の生育を促進する能力も持っていることを見出しました。この微生物を利用して、農耕地土壤からの  $N_2O$  ガス発生を削減し作物の収量を増加する新しい微生物肥料が開発できるかもしれません。

土壤はまだまだ私たちの知らない微生物やその機能にあふれていると予想されます。土壤の微生物機能をさらに明らかにして食料生産や地球環境保全に貢献したいと考えています。

## 講演者プロフィール

敬称略・講演順

### 【橋本 信一（はしもと しんいち）】

1986年3月 東大農学部農芸化学科修士修了。

同年4月 協和発酵工業(株)入社 東京研究所配属。

1998年 東大農学部 博士号取得

2011年 協和発酵ヨーロッパ社長を経て、2013年3月より協和発酵バイオ(株)技術開発部長。

### 【長田 裕之（おさだ ひろゆき）】

1983年3月東京大学大学院 農学系研究科 博士課程 修了（農学博士）。1983年4月 理化学研究所入所。抗生物質研究室、主任研究員を経て2013.4月より理研 環境資源科学研究センター 副センター長。埼玉大学大学院連携教授、マレーシア科学大学客員教授などを兼任。所属学会は日本方線菌学会（会長）、日本がん分子標的治療学会（理事）、日本農芸化学会（参与）など。主な著書：Protein targeting with small molecules (Wiley, 2009)、ケミカルバイオロジー入門（オーム社、2008）、Bioprobes (Springer, 2000)、他。

### 【福田 雅夫（ふくだ まさお）】

1980年 東京大学大学院農学系研究科農芸化学専攻 博士後期課程中途退学、農学博士（1989年、東京大学）。1980年 東京大学農学部助手、1991年 長岡技術科学大学工学部助教授を経て1995年より長岡技術科学大学工学部教授。2013年より長岡技術科学大学特任学長補佐兼務。所属学会は環境バイオテクノロジー学会（2009～2013 会長）

主な著書・共書：「Microbial diversity and genetics of biodegradation」 Japan Scientific Societies Press (1997)、「おもしろい環境汚染浄化のはなし」日刊工業新聞社(1997)、他。

### 【菊池 義智（きくち よしとも）】

茨城大学大学院理工学研究科（博士（理学））

2010年（独）産業技術総合研究所 研究員、同研究所 主任研究員を経て、2010年より北海道大学大学院農学研究院 客員助教（兼任）。主な著書：シリーズ現代の生態学「微生物の生態学」（第8章）、共立出版、“Insect Symbiosis” volume 3, CRC Press

「カメムシ類に農薬抵抗性を賦与する共生細菌の発見」植物防疫, vol. 67, pp12-15

「共生細菌による害虫の農薬抵抗性獲得機構」化学と生物, vol. 51, pp510-512、他。

**【妹尾 啓史（せのお けいし）】**

1988年3月 東京大学大学院農学系研究科農芸化学専門課程博士課程中退(農学博士)

1989年4月 東京大学農学部助手、(1994年9月～1996年3月 アメリカ合衆国テネシー大学農学部客員研究員)、三重大学生物資源学部助教授を経て、2002年より東京大学大学院農学生命科学研究科教授。主な著書：<教科書>土壌学概論、朝倉書店(2001)（「土壌生物」の章を執筆）土壌サイエンス入門、文永堂出版(2005)（「土壌の多面的な機能－生物資源の宝庫（生物性の利用）の項を執筆」。<専門書>「水田土壌で機能する脱窒細菌群集の土壌 DNA に基づく特定と Single-Cell Isolation」、妹尾啓史・石井聡、難培養微生物研究の最新技術Ⅱ～ゲノム解析を中心とした最前線と将来展望、他。