

ダイズ畑から出る温室効果ガスを削減する

ダイズは畑の肉といわれるほどタンパク質を多く含みますが、それほど窒素肥料をやらなくても栽培できます。これは、ダイズの根に共生する「根粒菌」という細菌が空気中から窒素を取り込み、ダイズに供給しているからです。しかし反面、収穫期に根粒（右写真）が腐る過程で、強力な温室効果ガスである一酸化二窒素（ N_2O ）が発生してしまいます。農業環境変動研究センターは東北大学と共同で、この収穫期に発生する N_2O を野外実験で30%削減できる技術を開発しました。研究担当者に話を聞きます。

野外実験（2013年、2014年に実施）：透明な蓋つきの装置をダイズ畑に設置し、 N_2O の発生量を測定した。



ダイズの根粒

丸いこぶのように見えるのが根粒（根粒菌が共生する組織）。

N_2O を N_2 に還元するダイズ根粒

—どんな方法で N_2O を削減するのですか。

秋山：東北大学の南澤究教授は、根粒菌の中には N_2O を N_2 に還元する酵素（以下還元酵素）を持つものと持たないものがあり、還元酵素を持つ根粒菌が共生するダイズでは、 N_2O の発生が抑えられることを明らかにしていました（図1）。そこで、還元酵素をもつダイズ根粒菌を日本各地の農地から採集し、それらの混合液をダイズの種にかけて（接種：写真）栽培し、ダイズ畑から出る N_2O の削減に成功しました。

畑で実証できたことが大きな成果

星野：微生物の研究では、実験室で確認された機能が畑では全くみられないことがよくあります。特に土の中は多種多様な微生物が息しているの、目的の菌をまいても大海に1滴を落とすようなものです。今回、ダイズの種につけた根粒菌が畑で働いて N_2O を削減できたことは、大きな成果だと思います。ダイズ根粒菌というダイズに共

生する菌を使ったことが、微生物を屋外で働かせることに成功した理由でしょう。

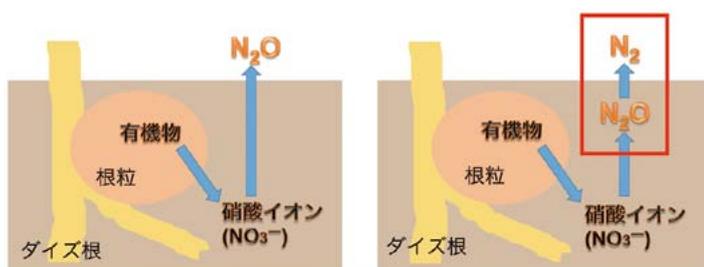
秋山：農地に生息する根粒菌を複数種類まぜて利用したことも、接種した根粒菌の畑での定着率を高め、 N_2O の削減につながったと考えられます。これまで、 N_2O 還元能を人為的に高めた根粒菌を使って収穫期に発生する N_2O を削減しましたが（農環研ニュースNo.98参照）、接種した根粒菌が苗で定着しても、畑であとから伸びた根にはもともと畑にいる根粒菌がつくため接種効率が下がってしまいました。

—畑にはダイズの根粒菌がたくさんいるのですか。

星野：日本や中国など昔からダイズを作っているところでは、ほとんどの土壤にダイズ根粒菌がいます。

—それらは N_2O 還元酵素を持たないのですか。

星野：土壤によって違います。水田に多い灰色低地土で

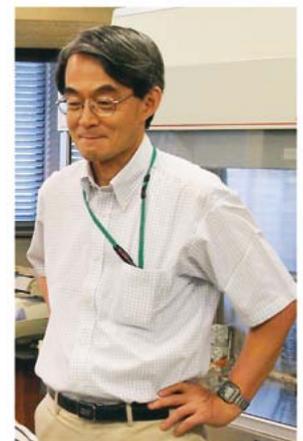


N_2O 還元酵素を持たない根粒菌：
収穫期に根粒に含まれる有機物の分解により N_2O を発生

N_2O 還元酵素を持つ根粒菌：
収穫期に発生する N_2O は N_2 （窒素ガス）になり N_2O 発生を抑制



上：接種
 N_2O 還元酵素をもつダイズ根粒菌63株を混合した液を種につけました。



右：早津雅仁主席研究員（物質循環研究領域）この研究における農業環境変動研究センターチームのリーダー。

図1 N_2O 発生抑制のメカニズム

はほとんどの根粒菌が還元酵素を持っていますが、畑によく利用される黒ボク土では、根粒菌のほとんどが還元酵素を持っていません。両方の土壌で実験をしましたが、灰色低地土では還元酵素を持つ菌を接種してもさらなる効果が見られなかったため、以来、黒ボク土の畑で実験をしています。

根粒菌が現在使われている場面での利用を想定

—どんな実用場面を想定していますか。

秋山:ダイズの産地では、収穫量を増やすために粉状の根粒菌資材が市販されていて、生産者はこれを種にまぶして畑にまいています。また、ブラジルなどの開墾した畑では根粒菌のいない土壌があり、やはり根粒菌をつけた種がまかれます。私たちは、このような現在使われている根粒菌をN₂O還元酵素を持つものに変えられないかと考えています。ダイズは世界的に栽培面積が広いですから、N₂O削減効果は大きいと期待しています。

モニタリング研究と微生物研究の出会い

—ダイズ根粒菌によるN₂O削減に取り組んだきっかけを教えてください。

秋山:私たちの研究センターでは、30年以上前から、農地から発生する温室効果ガスを測定するモニタリング研究を行っています。これまで得られた研究成果は、国際機関であるIPCC(気候変動に関する政府間パネル)のガイドラインの作成や国内の温室効果ガス削減量の算定に貢献し、さらに水田での温室効果ガス削減技術も開発してきました。このように先輩から引き継ぐ質の高い温室効果ガスのモニタリング研究があったことが、東北大学の南澤教授と共同研究を始めるきっかけになりました。

—分野の違う研究者との研究はどうでしたか。

秋山:微生物の研究者とモニタリングの研究者とでは、発想や使用する用語、使っている実験機材まで全部違って、最初はミーティングをしても会話が成り立たなかつ



左:星野(高田)裕子主任研究員
(物質循環研究領域)
今回、接種した根粒菌が畑に定着して機能しているかを微生物の研究手法で確認した。

右:秋山博子温室効果ガス削減ユニット長
(気候変動対応研究領域)
農地から出る温室効果ガスのモニタリングと削減技術の開発に取り組む。

たですね。一緒に研究を進めるうちに、それまで“ブラックボックス”として扱っていた土壌中の微生物の働きが、少しずつわかってきて面白いなあ、と思いました。

ほ場管理のプロがいる研究機関だからできた

—野外実験を始めて大変だったことは?

秋山:試験の規模が大きくて大変でした。種まきや移植の作業は、支援部門や契約職員に協力いただき、総勢25人ほどの人海戦術で行いました(表紙写真)。1万株分のポットに手作業で種を並べて、菌を接種する作業は、思い返してもよくできたなあと思います(下写真)。

星野:夏には、根粒菌の接種効率を調べるために、分刻みのスケジュールで大規模な根の掘り取り調査を何回も行いました。接種した根粒菌が畑で定着しているか、実際に働いているかを調べるために、連日35℃を超える猛暑の中を畑に出て、1株あたり深さ1mくらいの穴を1回最低15株分は掘り、根を実験室に持ち帰りました。

オールマイティな削減技術はない

—最後に、農地からの温室効果ガス削減をどのように進めていくか抱負をお聞かせください。

秋山:農業は食料を生産する大切な産業ですから、生産を維持しながら温室効果ガスを減らすことが重要です。また、農業現場は、気候や土壌、作物や管理方法などさまざまのため、オールマイティな技術はありません。今までも、そしてこれからも、現場に応じた技術の開発を地道に積み上げていきたいと考えています。

(取材・文:企画連携室)



1万株分のダイズ苗をポットで育成