

# 「殖える」

生物は繁殖によって個体数を殖やすことができます。自然界では、環境からの資源供給や他の生物種との競合や捕食によって、生物種ごとの個体数は一定のバランスを保って維持されています。狩猟採集生活をしていた人類もまた、自然界の持つ奇跡的な予定調和の中で生きていました。今からおよそ1万年前に、人類は生物の殖える能力を人為的に制御し効率的に殖やす技術を獲得しました。農耕牧畜の始まりです。私たちは、生物が本質的に持つ「殖える」性質を利用して、食料や繊維、燃料などを安定して調達することができるようになり、豊かな生活を獲得しました。

農林水畜産業はとても長い歴史を持ち、これまでに多くの技術革新がありました。近年では、地球の環境収容力を超えた生産に対する危機感から、生産、加工、流通、消費のすべてのステージで持続可能性を達成することが求められ、多くの解決すべき新たな課題が提示されています。

本号では、「殖える」を鍵に三つの研究を紹介しています。最初は、土の中で生きている鉄還元菌の話題です。この細菌は空気中の窒素を植物が利用可能な形で土壌に取り込む能力を持つことが明らかになりました。この細菌の利用により、化学肥料の使用を低減させることが期待されます。次の話題は腫瘍です。細胞の持つ殖える能力は、きわめて厳格に制御されて私たちの体を形作ります。この制御が少しでも崩れると腫瘍化し、場合によっては個体の死を招くことになります。人間の経済活動が、地球の腫瘍化を起こさないよう願うばかりです。最後は、水素細菌の話題です。この細菌は、水素ガスから得られるエネルギーを利用することで増殖しています。燃料電池のような仕組みを、ある種の生物が備えていたことに驚きを感じます。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長  
堤 伸浩

## Yayoi Highlight

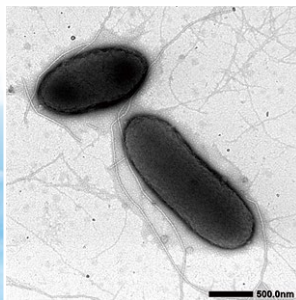
「稲は地力<sup>ちりよく</sup>でとる」と言われ、水田土壌には稲が吸収する窒素養分を殖やす仕組みが存在しています。私達は「鉄還元窒素固定菌」がその立役者であることを発見し、窒素肥料を減らした環境調和型の農業に応用する研究を開始しました。



応用生命化学専攻  
土壌圏科学研究室  
妹尾 啓史 教授

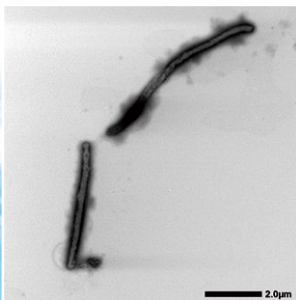
# 鉄で土を肥やす！ 低窒素農業

Low-nitrogen agriculture with iron-boosted soil fertility



水田土壌から分離した鉄還元窒素固定菌

ジオモナス属(左)とアナロミキソバクター属(右、伊藤英臣博士提供)。この微生物は酸素の無い条件で、酸素の代わりに鉄を呼吸に用いて生育します。

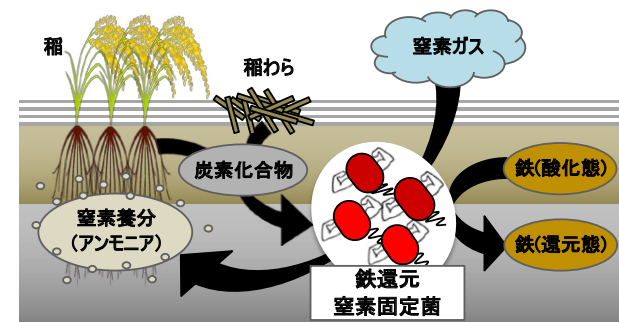


「麦は肥料で、稲は地力でとる」と古くから言われています。畑では窒素肥料を撒かないと作物がよく育たないのに対して、水田における稲の生育は土そのものが持っている窒素養分の供給力(地力窒素)に大きく支えられているのです。地力窒素の維持に貢献しているのが、土壌中に生息する微生物の行う窒素変換反応(窒素固定)です。この反応により、空気中の窒素ガスが土壌中でアンモニア態窒素に変換され、稲などの植物が窒素養分として根から吸収できるようになります。

私達は土壌で活発に機能している微生物群を網羅的に調べる最新の手法を用いて、水田土壌で窒素固定を行っている微生物を調

べました。その結果、水田土壌に多く存在する「鉄還元菌」が窒素固定に大きく寄与している可能性を見出しました。そして、各地の水田土壌から鉄還元菌を分離して、それらが実際に窒素固定を行うことも確かめました(鉄還元窒素固定菌)。これは、水田土壌の窒素固定微生物に関する従来の定説を覆す新発見です。

私達はこの新知見を応用し、鉄還元菌による窒素固定を強化して水田土壌中の窒素養分を殖やす研究を行っています。鉄還元窒素固定菌の生育に必要な鉄を水田土壌に添加すると土壌の窒素固定活性が高まることを実験室内で確認し、現在は各地の水田で圃場試験を進めています。新潟県十日町市の水田では、鉄を含む資材を土壌に施用することによって玄米の収量が約10%増加しました。



水田土壌における鉄還元菌による窒素固定

鉄還元窒素固定菌は水稻根の分泌物や稲わらの分解物を養分とし、土壌中の鉄を呼吸に用いて窒素ガスをアンモニア態窒素に変換します。これによって土壌の窒素養分を殖やすことに貢献しています。

また、鉄資材を施用した中国広東省の水田では、窒素肥料を従来の60%に減らしても玄米収量が維持されました。

現代の農業には窒素肥料が欠かせませんが、大量の窒素施肥は環境に悪影響を与えるほか、肥料製造・使用時にも多くの化石エネルギーを消費し、地球温暖化の原因となります。私達の研究成果は、窒素肥料を低減した持続的かつ環境調和型の農業(低窒素農業)の実現につながると期待されます。

## 教えて! Q&A

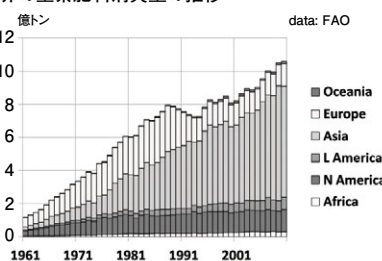
### ■ 水田の優れた特徴

世界の主要穀物栽培面積の約1/4、日本では約4/5が水田です。水田は畑と比較して、連作障害が起こらない、植物の養分として重要なリン酸の欠乏が起こりにくい、地下水汚染を招く硝酸態窒素の溶脱が少ない、温室効果ガスである一酸化二窒素ガスの発生が少ないなどの利点を持っています。これは、水稻栽培期間の多くの間、土壌が水に覆われて酸素の少ない状態になっていることに由来しています。

### ■ 窒素肥料

窒素は植物の多量必須元素の一つです。持続的な作物生産のためには土壌に窒素養分を補給する必要があり、人類はさまざまな工夫を行ってきました。化学肥料の発明・利用はその一つで、世界の作物生産は化学肥料の使用により飛躍的に向上し、多くの人口を養えるようになりました。しかし近年、世界の窒素肥料の消費量が急激に増加しており(図)、窒素による環境汚染(地下水汚染、水系の富栄養化、温室効果ガス発生、陸上生態系の窒素循環の攪乱など)や肥料の製造・運搬・散布による化石エネルギーの消費が問題になっています。窒素肥料を減らした作物生産はこれからの農業の重要な課題です。

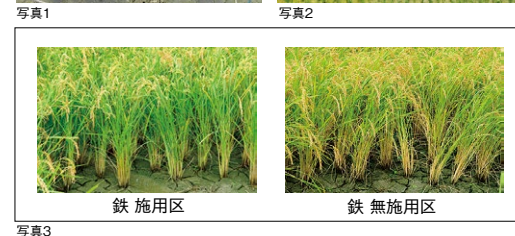
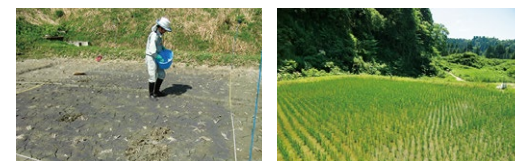
世界の窒素肥料消費量の推移



「人類は食料危機を乗り越えたのか?」ICA-RUS プロジェクト/国立環境研究所主催 食料問題セミナー報告」より引用

### ■ 鉄資材施用試験

田植え前、水田に水を入れる前に土壌の表面に鉄資材を撒きます(写真1)。数日後、水を入れて代かきをし、田植えをして稲を栽培します(写真2)。鉄還元窒素固定菌は、鉄を呼吸に使って生育し、窒素固定を行います。収穫期に比べると、鉄資材を施用した区の稲は施用していない区の稲よりも緑が濃く、窒素養分を多く吸収したと考えられ、玄米収量も10%増加しました(写真3)。鉄は一度施用すればその効果は半永久的に続くと考えられます。



詳しくはこちら、 <http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/soil-cosmology/>