

バイオ肥料とは



Biofertilizers for leguminous crops in Asia



Soybean root nodules
(Dr. Nantakorn Boonkerd)



Indonesia

Japan



Thailand



The Philippines



「キクイチ」無施用



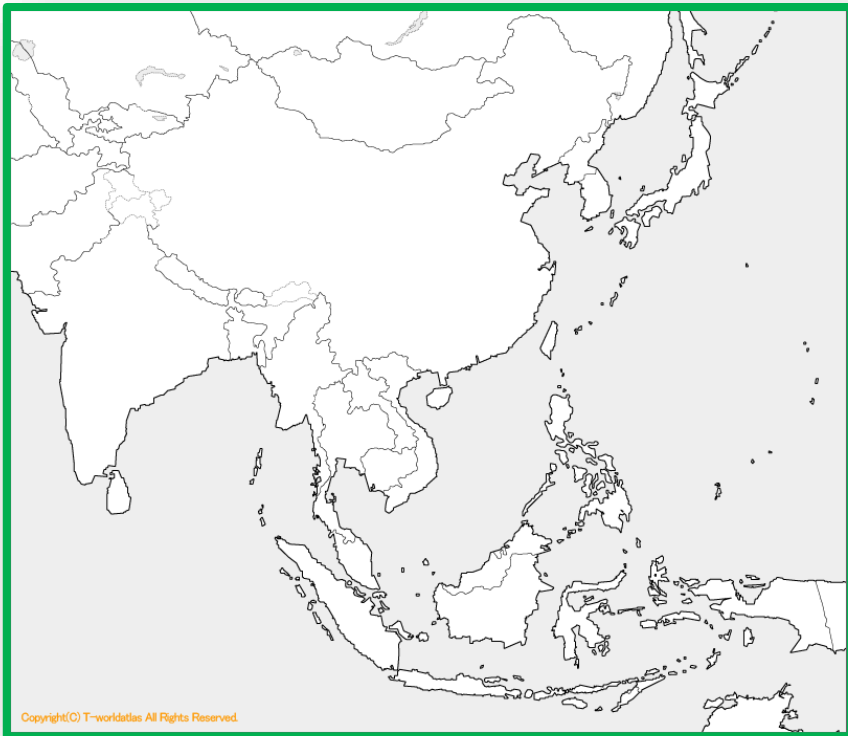
「キクイチ」施用



はじめに

作物根圏に生息する一群の微生物は、作物の養分吸収を促進し、その生産性向上に役立つ。これらをバイオ肥料と総称する。根粒菌、菌根菌、非共生型の窒素固定菌、リンやカリウムの溶解菌等が存在している。

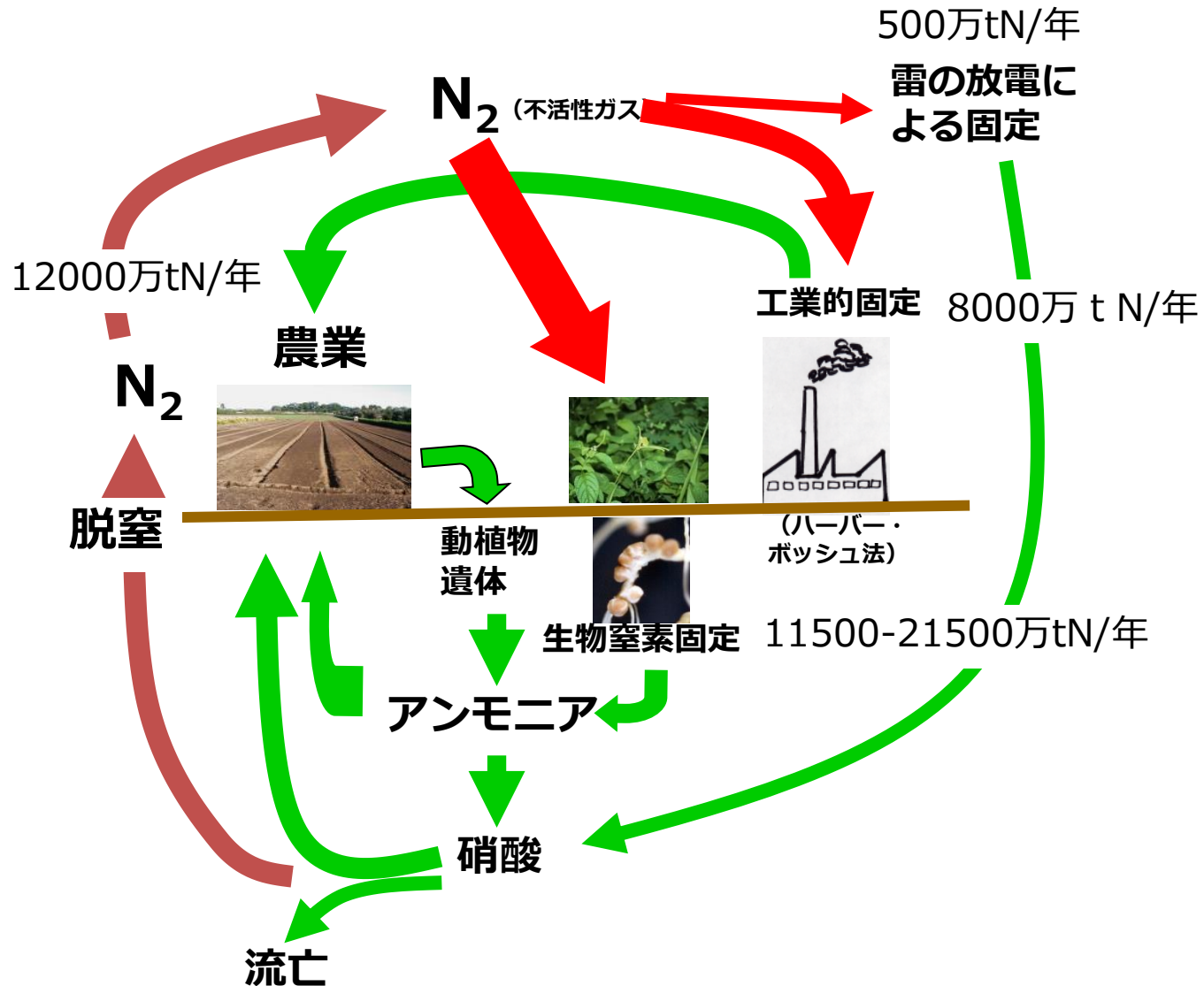
当初、収量増加を主目的に様々な研究がなされ、近年は化学肥料削減による低コスト化や環境負荷軽減に資するものとして注目を集めている。



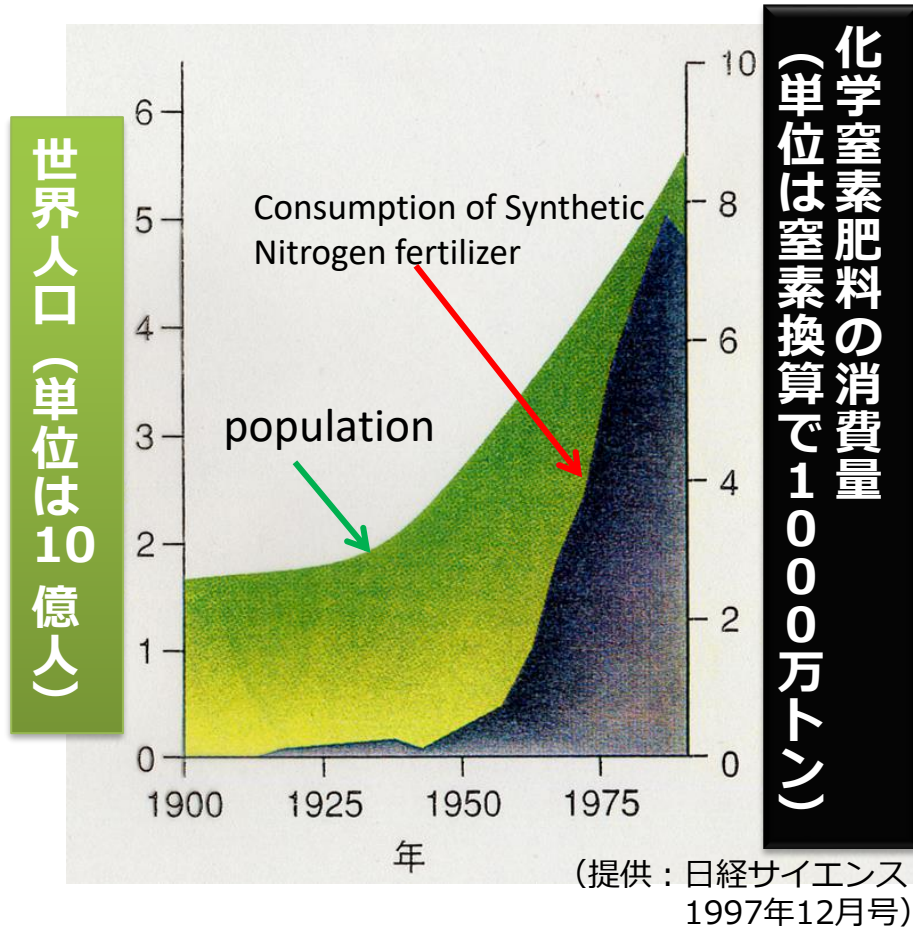
**2020年, アジアの人口は46億4千万人と推測された。
また、多くの研究者は2050年には53億人に達する
と予測している。**

**食糧の安定供給はアジア地域が21世紀に直面してい
る最大の問題の1つである。**

作物の生産に最も必要な窒素の循環



人口の増加と化学窒素肥料の消費量の増加

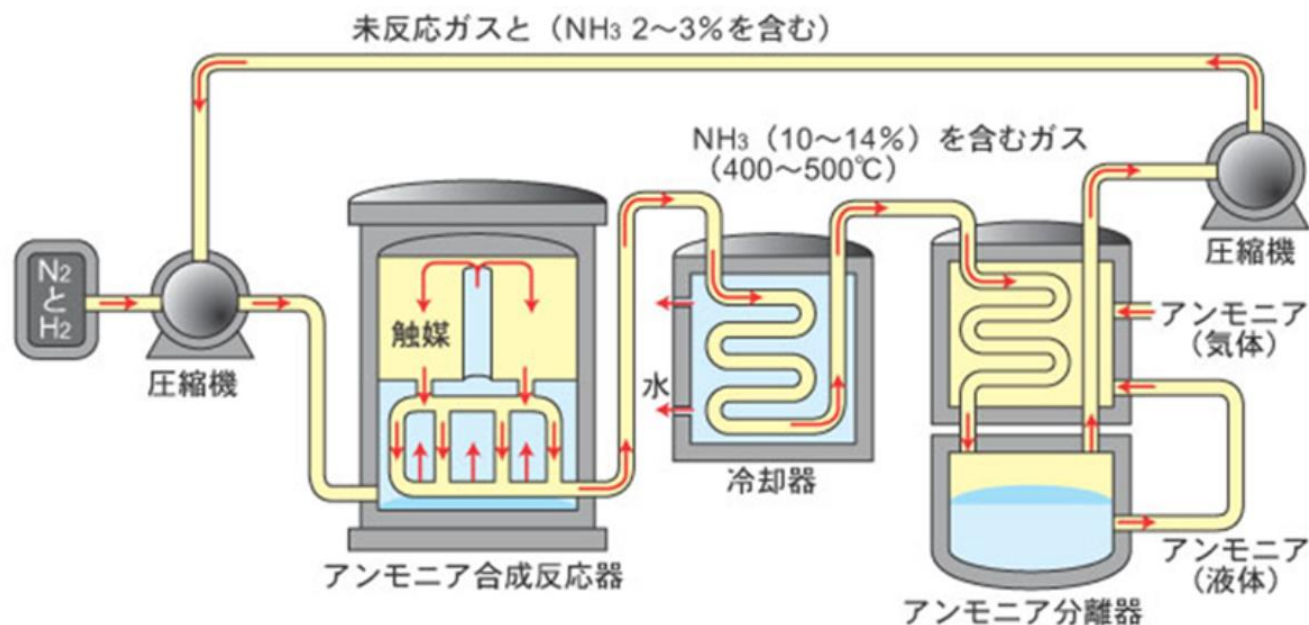


世界人口の増加と化学窒素肥料の消費量の増加は高い相関関係にある

化学窒素肥料の供給が減少すれば、食料生産の減少に直結し、現在の72億9千万人を超える世界人口の維持は困難である。

1トンのアンモニアの生産には、反応炉への圧力・熱等のエネルギー供給を除いて、約2000立方メートルの天然ガスが必要とされる。肥料に用いるアンモニアの合成だけで最低でも1,800億立方メートルの天然ガス（世界で1年に生産する天然ガスの約9%、日本の年間消費量の4.4倍（世界エネルギー統計））が消費されている。

ハーバー・ボッシュ法



なぜ、バイオ肥料を研究するのか

地球に存在する化石エネルギーのうち、石油の経済性に基づく可採年数は39年とされている。同様に、天然ガスの経済性に基づく可採年数は60年とされている。ところで、現在の農作物の生産量を維持するためには窒素換算で毎年8千万t以上の化学窒素肥料が使われている（硫安に換算すると約4倍になる、環境年表 茅陽一 監修 2007）。

21世紀の食料生産は化石エネルギーの枯渇問題と直結している。例えばH19年を例にとると、原油価格の上昇等でH19年当初から化学肥料価格が急速に上昇し、リン安は5倍以上、窒素肥料である尿素は3倍になり（全農調べ2008年）、農家経営に影響を与えた。

20世紀の農業は、無機化学肥料や化学農薬の使用により単位面積あたりの収量が飛躍的に増加し、人口増にみあう農作物の供給に大きく貢献した。しかしながら、化学肥料に過度に依存する農業は、農地の劣化や、水質汚染などの環境問題をアジア諸国でも広く引き起こし、持続的な農業推進の機運と有機農業への関心が高まり、減化学肥料、減化学農薬の取り組みが積極的に開始されている。



タイのコンポスト工場



タイの有機栽培圃場



タイの有機野菜

日本でもH18年に有機農業推進に関する法律が制定された。

このような状況下で、減化学肥料を実現しながら農業生産力を低下させず、農家の農業収益を維持しながら、地球環境にもフレンドリーな新技術の出現が切望されている。

この要求に応える一つの方法が、植物に特異的に養分を供給する微生物のバイオ肥料としての利用である。

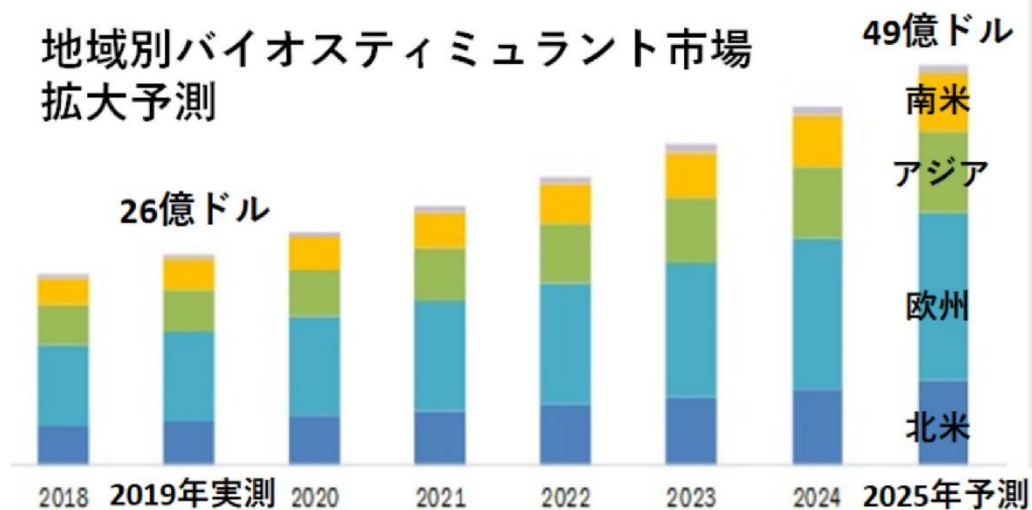


近年世界では、
「Sustainable Development Goals」を掲げ、持続的な社会の構築を目指している。



化学肥料や農薬の使用量を減らしても安定的な食料生産が可能な手法を模索し、バイオ肥料やバイオスティミュラント（作物の生育を促進できる多様な資材）等への研究開発投資を増加させており、世界規模での作物の生育を促進できる優れた微生物やその関連資材への研究開発競争が開始されている。

地域別バイオスティミュラント市場
拡大予測



バイオ肥料の定義

- **特性が分かった生きた微生物を含有**
(様々な微生物を含んでいる堆肥等とは異なります)
- 種子や根の周りや土壤に接種した後、バイオ肥料に含まれる微生物が植物の根圏や内部で増殖し、宿主植物にNやP等の必須養分の供給と有効利用を増大させ生育を促進する

具体例



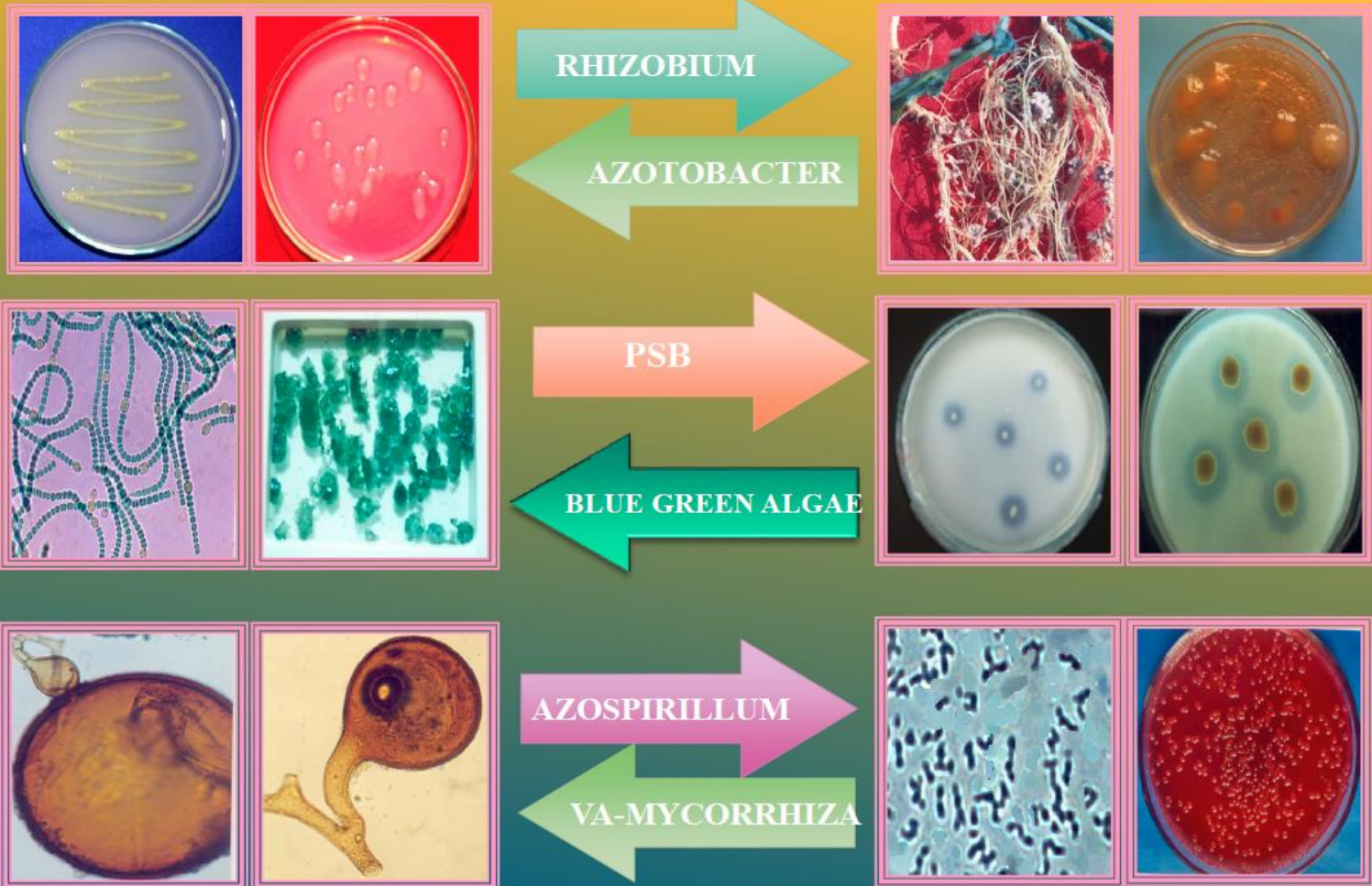
菌根菌が入っている
(リン栄養等の供給を促進)



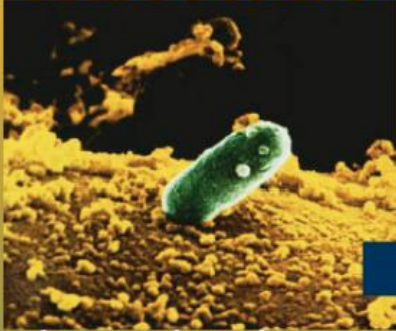
根粒菌が入っている
(窒素栄養の供給を促進)

バイオ肥料の種類

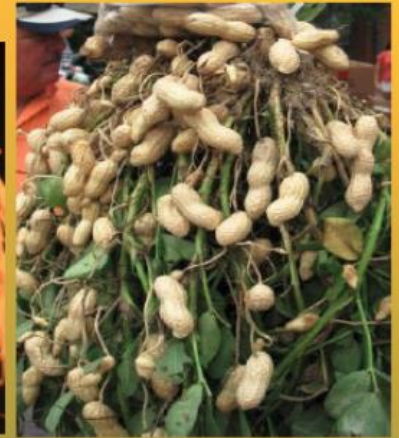
BIOFERTILIZERS



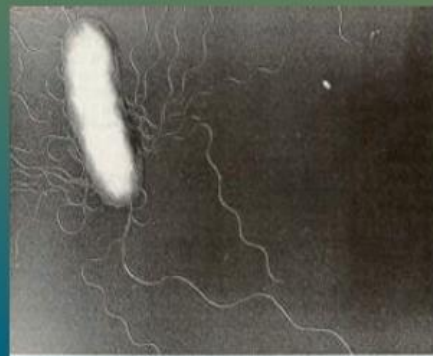
1. FOR NITROGEN



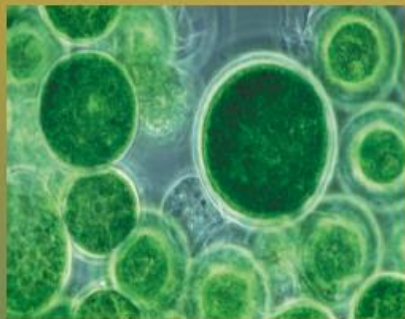
✓ *Rhizobium* for legumes



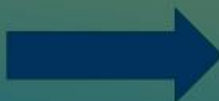
✓ *Azotobacter* / *Azospirillum* for non-legumes



✓ Blue-Green Algae (BGA) and *Azolla* for low land paddy



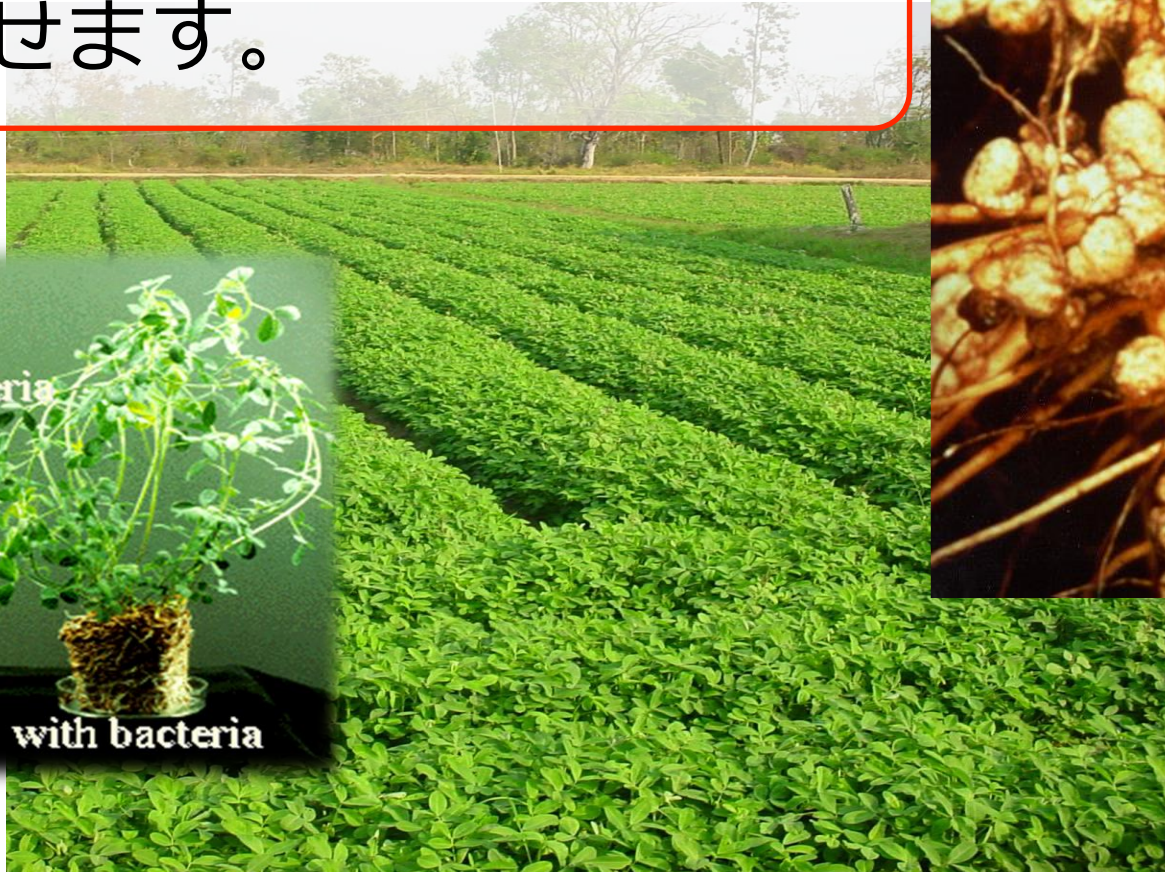
✓ *Acetobacter* for sugarcane



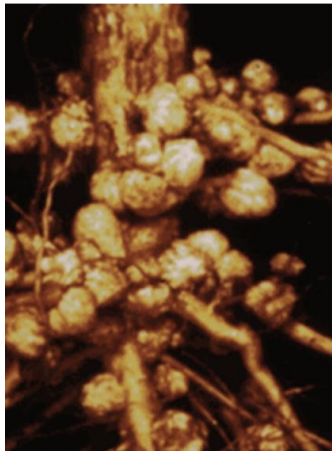
具体例

根粒菌バイオ肥料

根粒菌はマメ科作物と共生し、
化学窒素肥料を使わず生育を
促進させます。



(A)



(B)



根粒菌との共生により生じたダイズ根に形成された根粒(A)とセスバニアの茎に形成された茎粒(B)

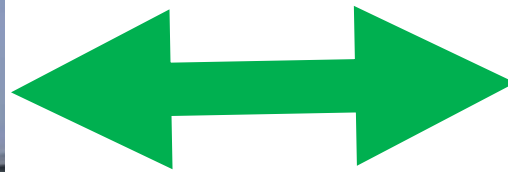
(両方とも効率的に窒素を固定し、植物へ与えます。)

化学窒素肥料工場とマメ科根粒の比較



アンモニア肥料製造工場

CO₂を大量に放出



窒素固定に関して
は同じ能力



ダイズ根粒

カーボンニュートラル

根粒菌は肥料工場と同じ能力を持つ、バイオ肥料です。



根粒菌は窒素をアンモニアへ変換しますが化学窒素肥料と異なりカーボンニュートラルです。根粒菌のバイオ肥料としての利用拡大は地球環境保全を推進することになります。

タイのバイオ肥料



日本のバイオ肥料（十勝農協連）





根粒菌接種

根粒菌無接種

根粒菌を接種したリョクトウと接種していないものの生育比較

(Nantakorn Boonkerd博士提供)

**根粒菌を上手につかうと、
本当に、化学窒素肥料を減らすことが可能です。**

日本では、バイオ肥料というと根粒菌、菌根菌

アジア各国は 様々な土壌微生物をバイオ肥料として利用する研究を行っている

日本にないバイオ肥料

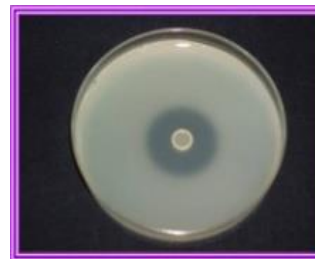
イネ、サトウキビ、トウモロコシ等：非共生型の窒素固定菌
Nの供給

野菜等：リン、カリウムの溶解菌 PやKの供給

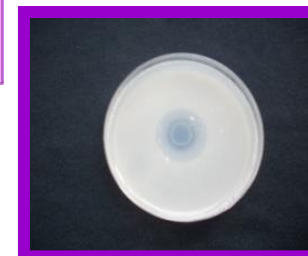
水稲用Azospirillumバイオ肥料（タイ）



リン溶解菌とカリウム溶解菌を含んだ液状のバイオ肥料（マレーシア 2014年に発売）



リン溶解菌



カリウム溶解菌



根粒菌以外のバイオ肥料微生物についての科学的な背景

根粒菌はマメ科作物に共生して生育を促進するバイオ肥料ですが、イネやトウモロコシ、そして野菜等の他の作物には効果がありません。

水稻根圏やその他の作物根圏に緩く共生し、植物体に窒素栄養あるいは生育促進効果を与える窒素固定細菌についての研究の歴史がある。



1971年にYoshidaら（1971）により水稻根圏での窒素固定活性が発見報告された。

また、Watanabe and Furusaka(1980) は、水稻根圏には多数の窒素固定細菌が生息していることを明らかにした。

さらに、BaldaniとDobereiner (1980)やLadhaら(1982)は水稻の根から*Azospirillum lipoferum* と *A. brasilense*を単離した。

土壌微生物学分野の研究において、作物根圏に生息する一群の微生物が根の生育や生物窒素固定を含め様々な養分吸収を促進させ、作物の生産性向上に役立つことが明らかとなってきた（Yoshidaら, 1972）。

これらの研究は、当初、収量増加を主目的としたものであったが、化学肥料削減による低コスト化や環境負荷軽減に資するものとして近年新たな注目を集めている。

TABLE 3. *In situ* ARA of various rice varieties^a

Variety	ARA (μmol of C_2H_4 /chamber per day) ^b	
	Heading stage	Ripening stage
IR34	23.5 $\pm$ 1.7 (2) ^c	9.6 $\pm$ 0.7 (4)
IR29	12.9 $\pm$ 3.9 (2)	ND ^d
IR5	12.4 $\pm$ 3.4 (2)	19.0 $\pm$ 5.5 (4)
IR28	10.6 $\pm$ 1.1 (2)	23.2 $\pm$ 2.4 (4)
IR747	9.7 $\pm$ 1.7 (2)	ND
IR20	8.7 $\pm$ 2.1 (2)	ND
BPI-76 (NS)	7.8 $\pm$ 0.8 (2)	ND
Dular	6.9 $\pm$ 0.7 (2)	5.4 $\pm$ 2.5 (3)
IR32	6.5 $\pm$ 0.7 (2)	12.8 $\pm$ 2.5 (4)

^a IRRI non-N plots (no nitrogen fertilizer was applied to the plots); 1976 wet season.

^b A value of 10 μmol of C_2H_4 per chamber per day corresponds to 26 g of N per ha per day, assuming a 3:1 conversion factor.

^c Average $\pm$ standard error of the mean. Numbers in parentheses are numbers of replicates.

^d ND, Not determined.

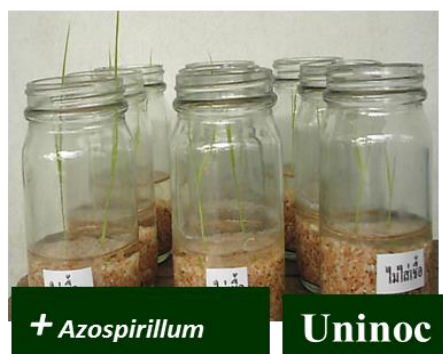


無処理 *Azospirillum*細菌接種

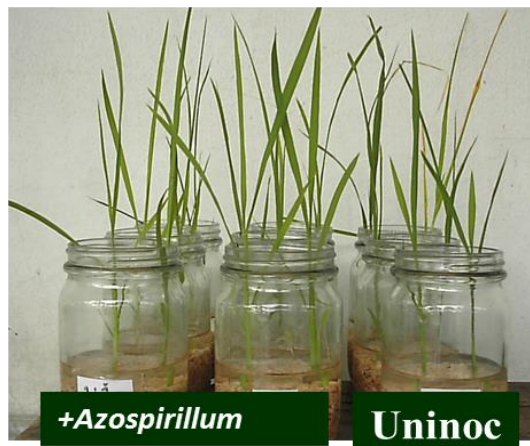
*Azospirillum*属細菌による根毛の発達促進

GreenlandとWatanabe(1982) は日本やフィリピンの長期肥料連用水田の窒素収支から、水田における生物窒素固定を50～75KgN/haと推定した。

このような研究に基づき、東南アジアの農業研究者は、*Azospirillum*等の細菌をイネ等に接種し根圏の窒素固定活性等を上昇させ、窒素栄養供給量を増やすことで、化学窒素肥料を節約して慣行施肥と同等の作物収量を得るための多数の圃場試験を行い、バイオ肥料の実用化を図ってきた。



7 d.



14 d.



30 d.

バイオ肥料研究の新展開を図る、 FNCA バイオ肥料 プロジェクトの紹介

FNCAバイオ肥料プロジェクトは2001年から開始され、中国、韓国、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナム、日本が参加し、バイオ肥料の研究と普及に関する国際交流を続けている

内閣府原子力委員会が主催し、文部科学省が管轄しているアジア原子力協力フォーラム (Forum for Nuclear Cooperation in Asia : 日本が主導する原子力平和利用協力の枠組み) が取り組んでいる農業協力プロジェクトの中に、「FNCAバイオ肥料プロジェクト」があります。

アジア原子力協力フォーラム(FNCA)の構成



図1アジア原子力協力フォーラム (FNCA) の概要
(<http://www.fnca.mext.go.jp/about/aboutfnca.html>より)



2010年フィリピンでのワークショップ



2012年中国でのワークショップ



2014年マレーシアでのワークショップ

FNCA/バイオ肥料プロジェクトでの現地視察



Soybean in Thailand
収量増加 10~122%
原体微生物: Rhizobium



Corn in Indonesia
収量増加 11~22%
原体微生物: Azospirillum



Oil Palm in Malaysia
原体微生物: 菌根菌・
Azospirillum

Field Demonstration



Groundnut in Viet Nam
収量増加 7~18%
原体微生物: Rhizobium



Lettuce in Korea
収量増加 103~113%
原体微生物: リン溶解菌



Corn in the Philippines
収量増加 12~34%
原体微生物: Azospirillum