

資源循環の最適化による農地由来の温室効果 ガスの排出削減

発表者：南澤 究（国立大学法人東北大学大学院 生命科学研究科 特任教授）

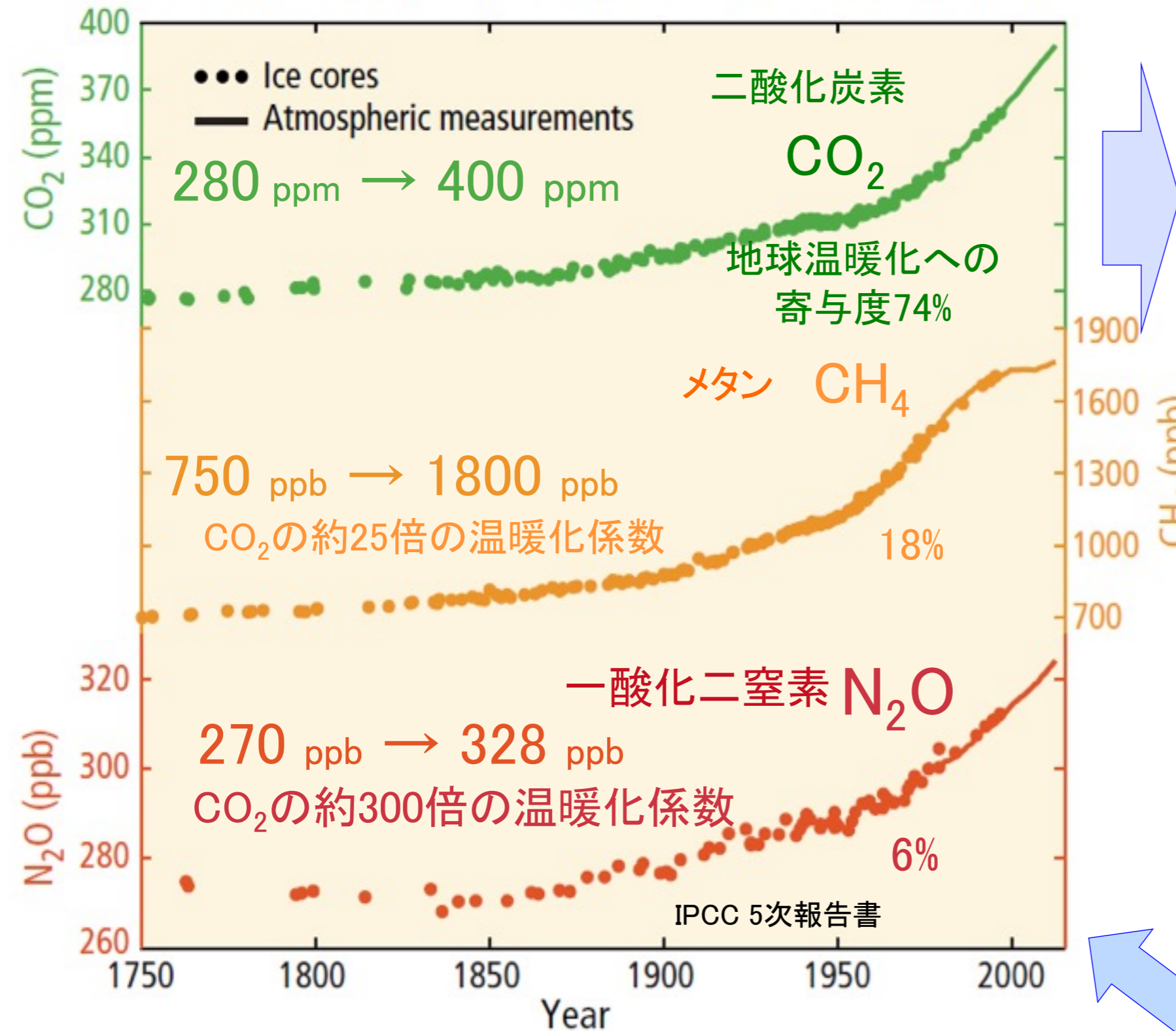
PM：南澤 究

国立大学法人東北大学大学院 生命科学研究科 特任教授

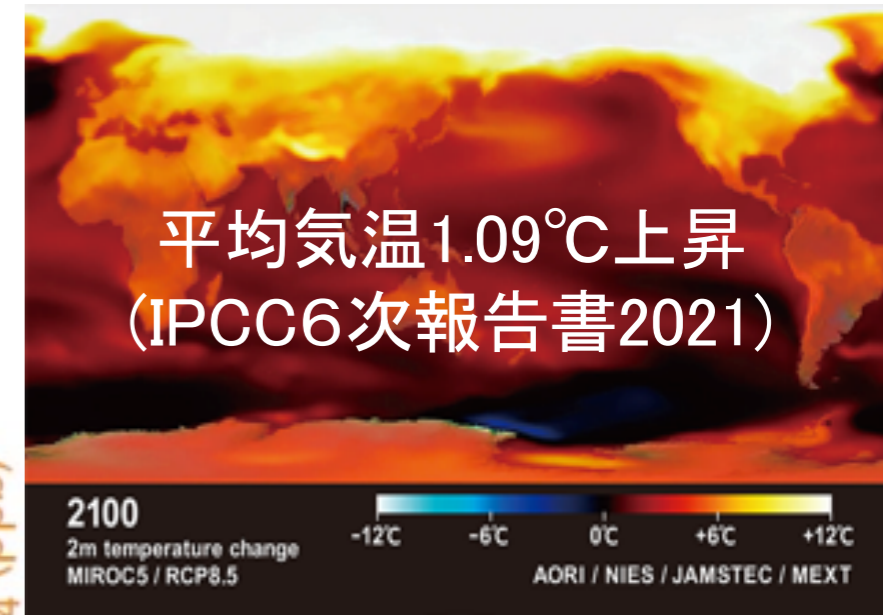
PJ参画機関：国立大学法人東北大学、国立大学法人東京大学

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

大気中の温室効果ガス(GHG)濃度の上昇



人為的なGHG排出による地球温暖化



気候変動リスクの増大

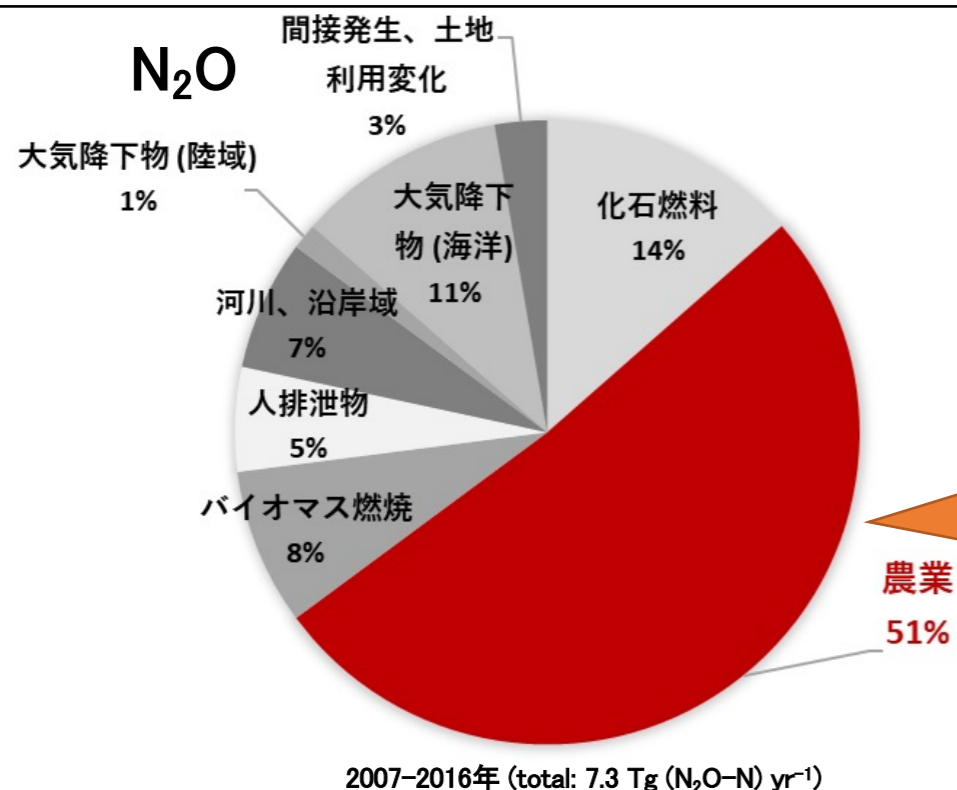
甚大な災害
生活基盤
の破壊



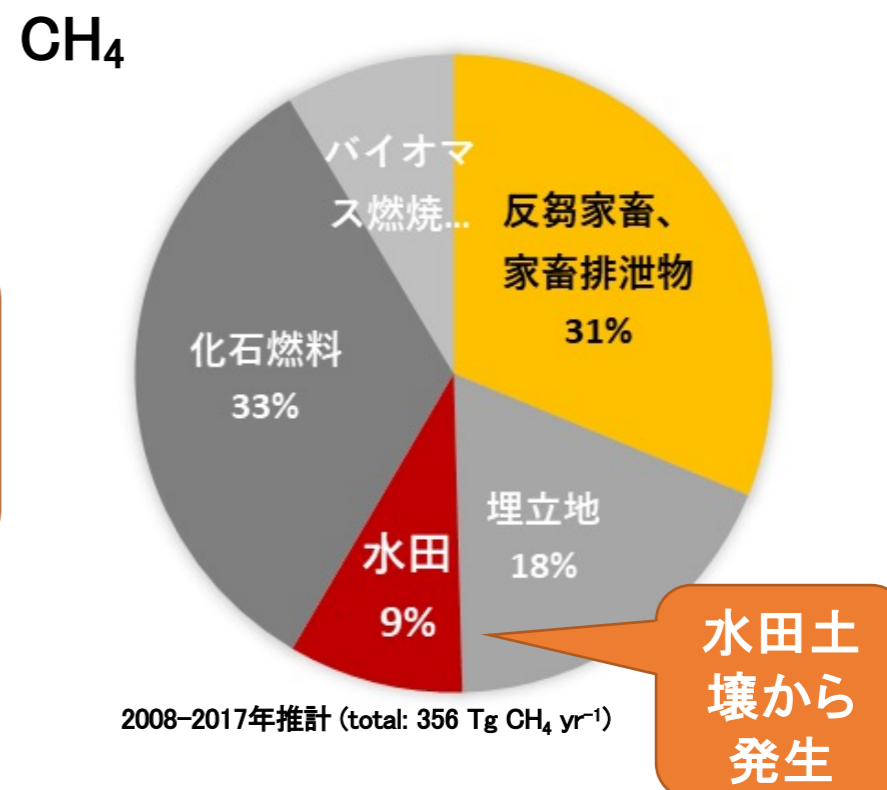
いかに CO_2 , CH_4 , N_2O の人為的な排出を削減するか？

気温上昇を産業革命時から1.5°C以内に抑える(パリ協定、COP26)ためには CO_2 以外の温室効果ガス削減も必須

農業はN₂OとCH₄の主要な人為的発生源



農地土壌や家畜排せつ物の管理から発生

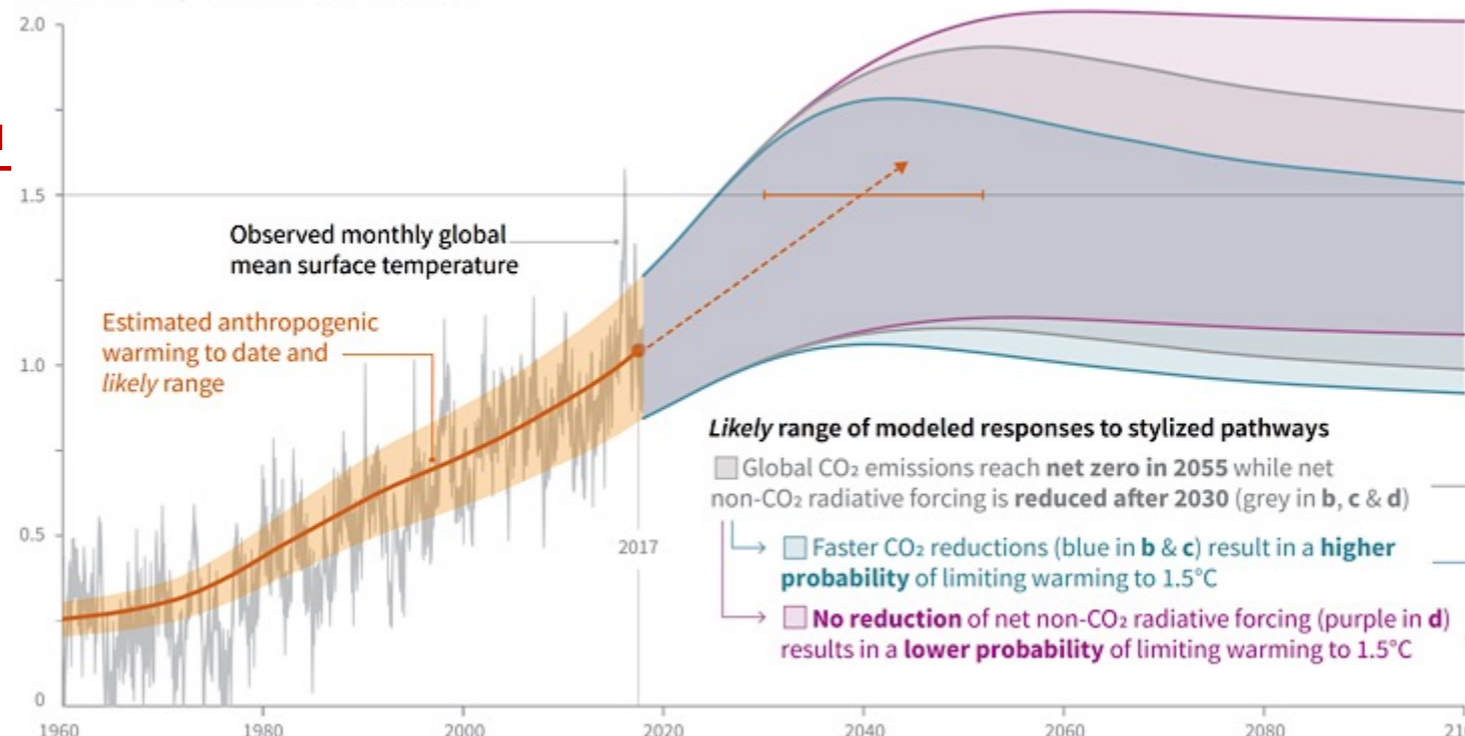


水田土壌から発生

世界のN₂OおよびCH₄の人為的発生源の内訳 (IPCC-AR6 WG1, 2021)

人為起源の排出に対する気温変化のモデル予測 (IPCC SR1.5°C, 2018)

Global warming relative to 1850-1900 (°C)



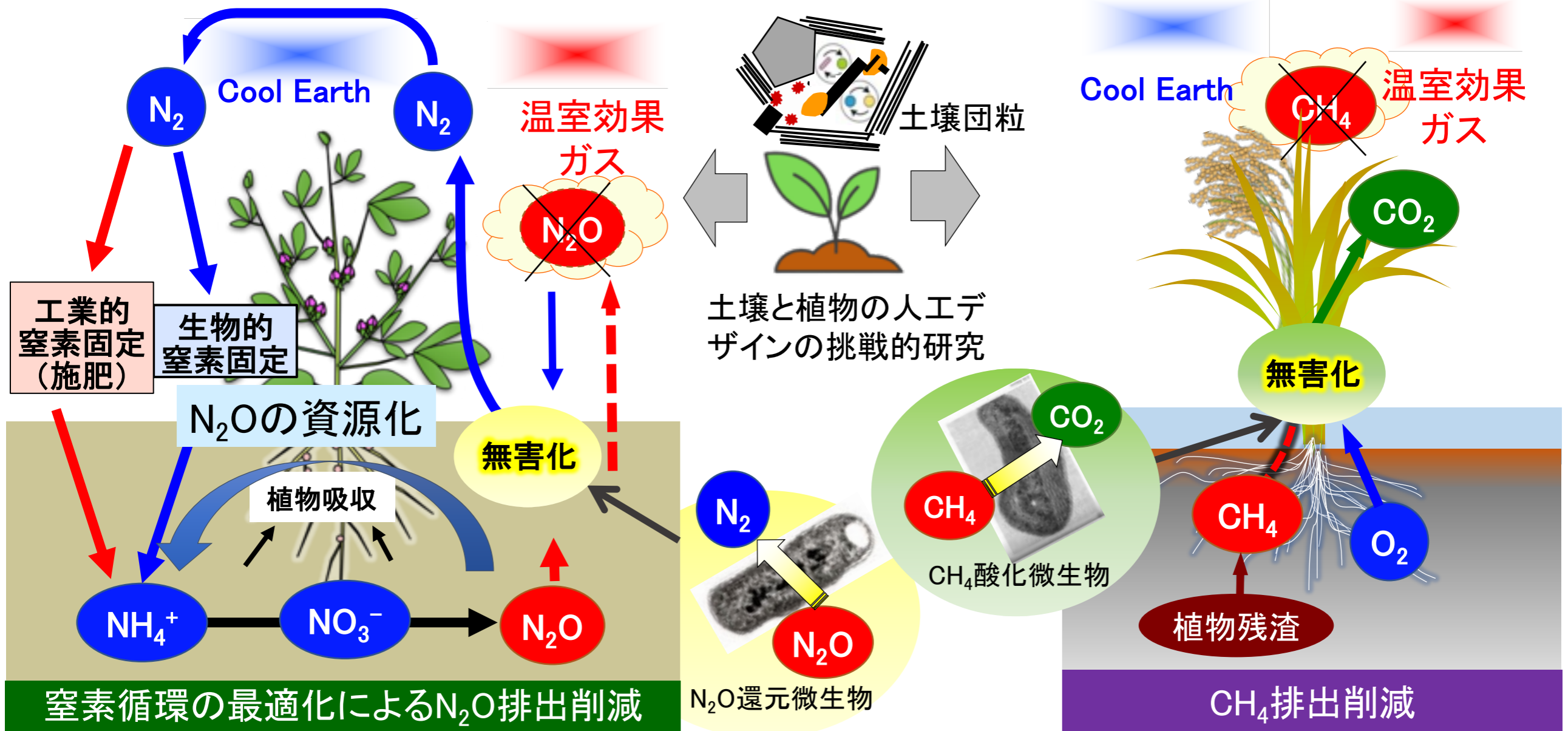
世界平均気温上昇を1.5°C以下に抑えるためにはCO₂削減に加え、N₂O・CH₄削減も重要

CO₂のみ削減では1.5°C以下の確率低

CO₂とCO₂以外のGHG削減で1.5°C未満確率上昇

CO₂急激な削減+CO₂以外GHG削減で1.5°C以下の確率高

2050年までに農地由来温室効果ガス N_2O と CH_4 の80%削減！
 N_2O ・ CH_4 を無害化する微生物を土壌団粒や植物のデザインにより利用



自然界の微生物多様性やあらゆる知見・技術を総動員して、人為的GHG発生の削減や持続的な窒素・炭素サイクルの実現を目指しています。

南澤MSの大課題(愛称、研究ユニット数)



土壌構造



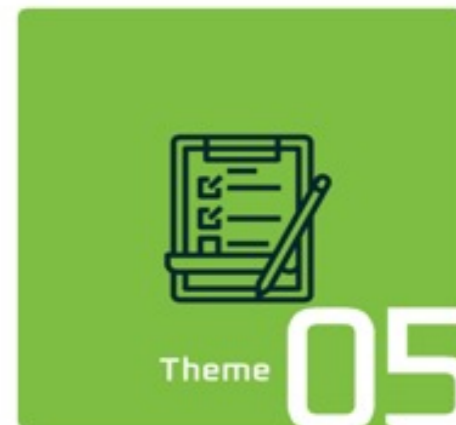
N₂O循環



資材設計

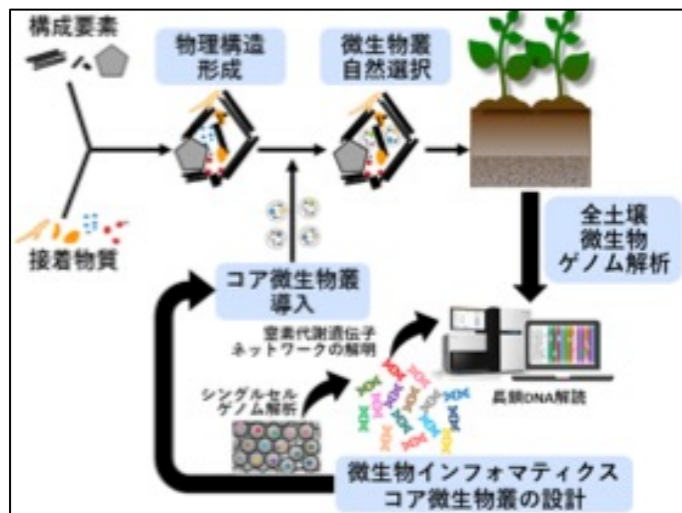


CH₄循環

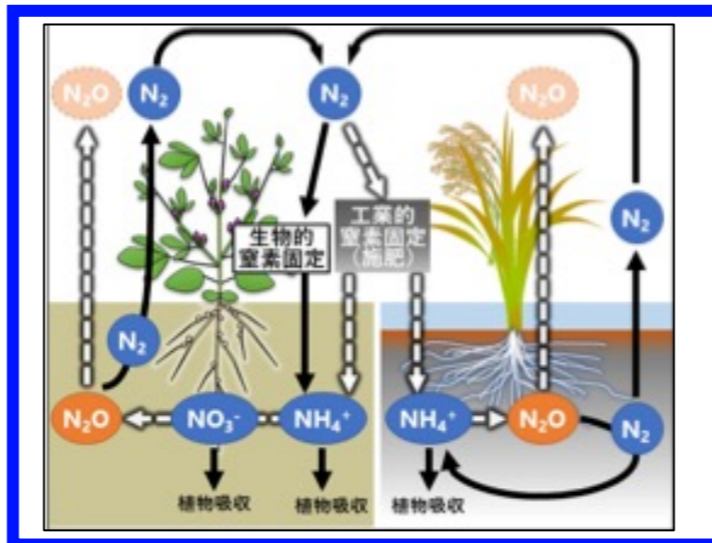


評価とモデル

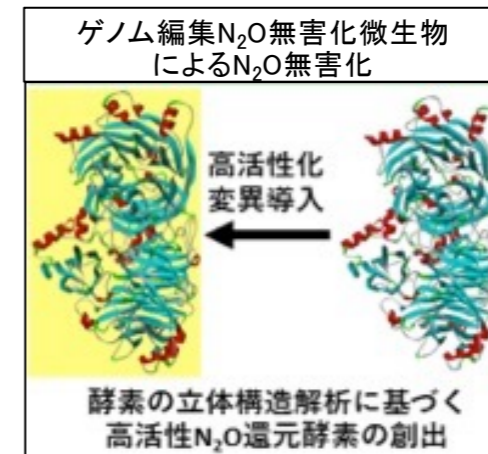
I. 土壌生態系デザイン(土壌構造)(7)



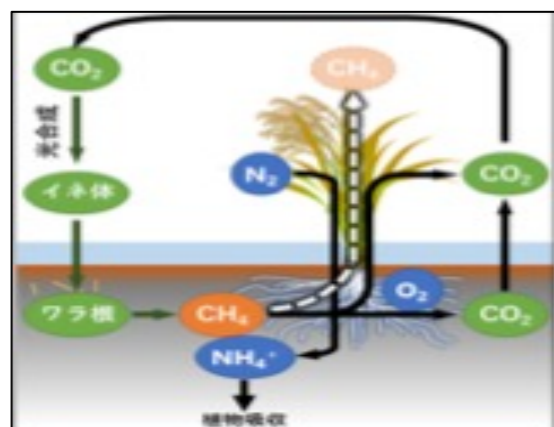
II. N₂O無害化・資源化微生物 (N₂O循環)(12)



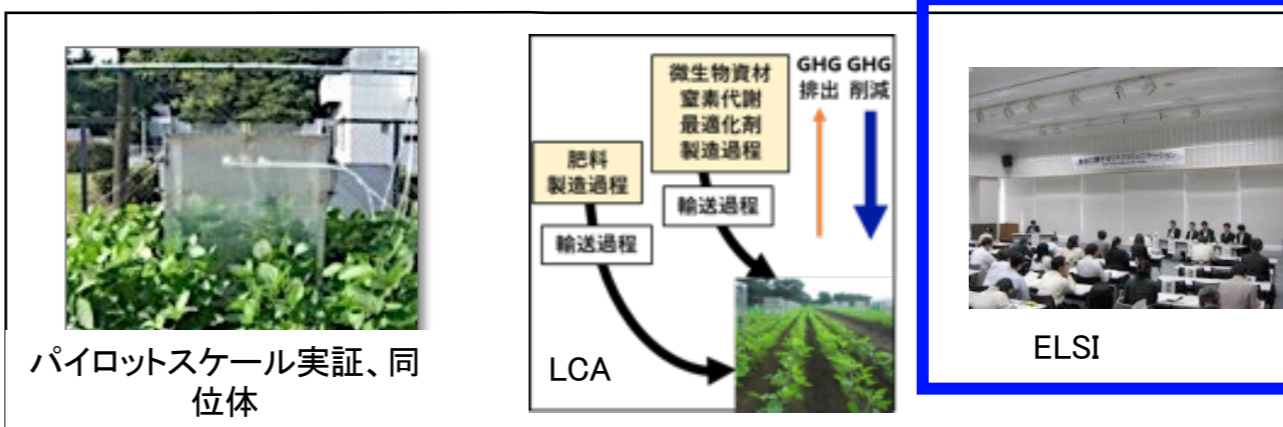
III. 微生物最適利用技術・窒素制御剤(資材設計)(3)



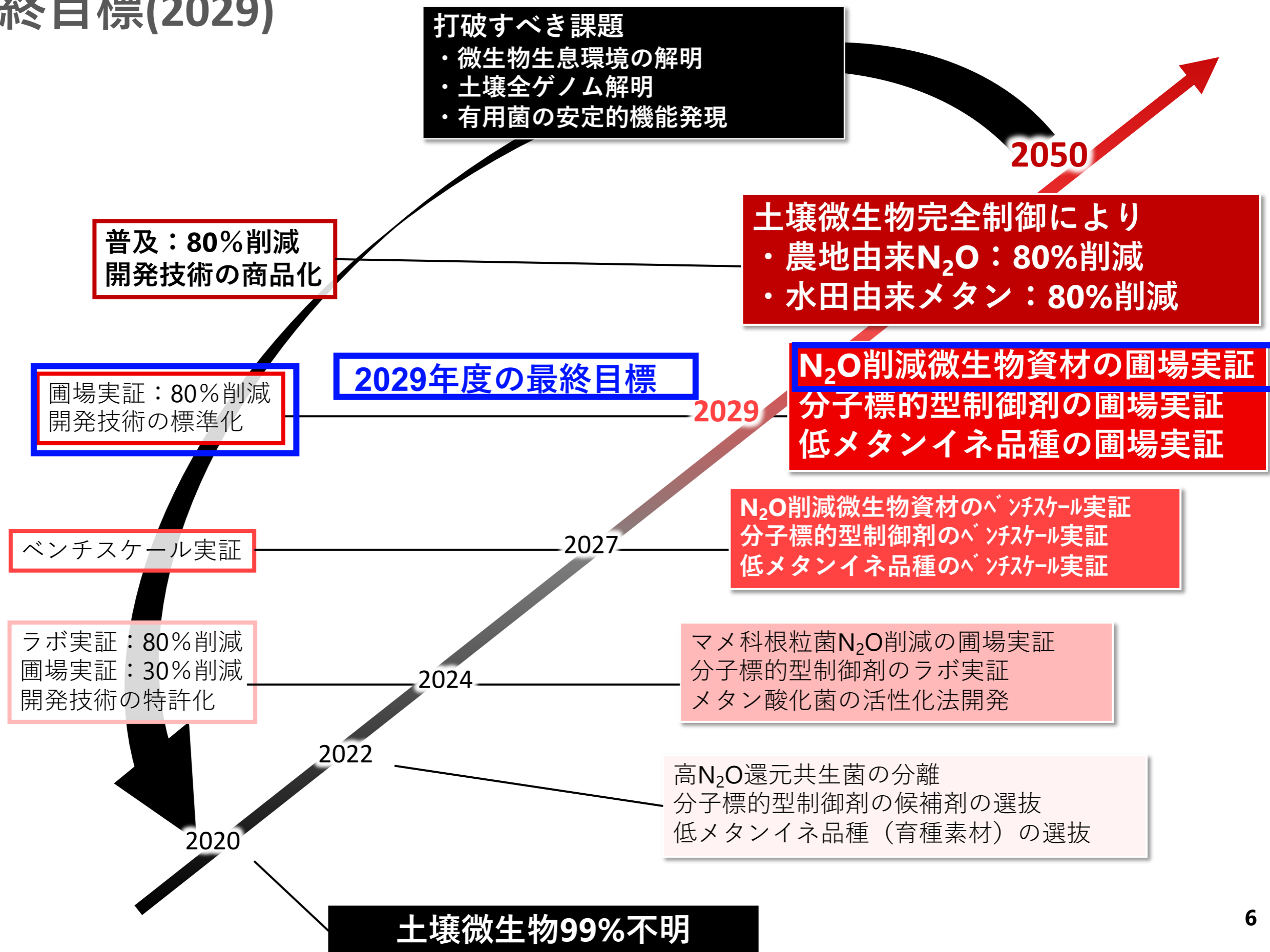
IV. 水田由来CH₄削減(CH₄循環)(3)



V. パイロットスケール実証・評価(評価とモデル)(6)



実施期間/開発スケジュール と最終目標(2029)

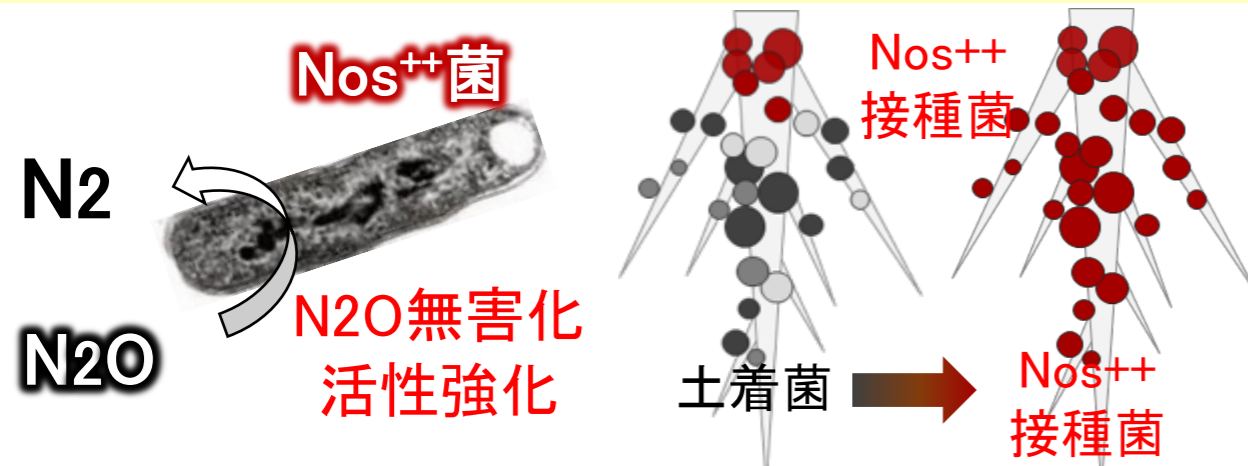


本プロジェクトの社会実装のイメージ例

2020 → 2024 → 2029

N₂O無害化根粒菌

・N₂O還元活性強化株(Nos++)の探索・作出



・宿主作物の最適化によるNos++菌優占化

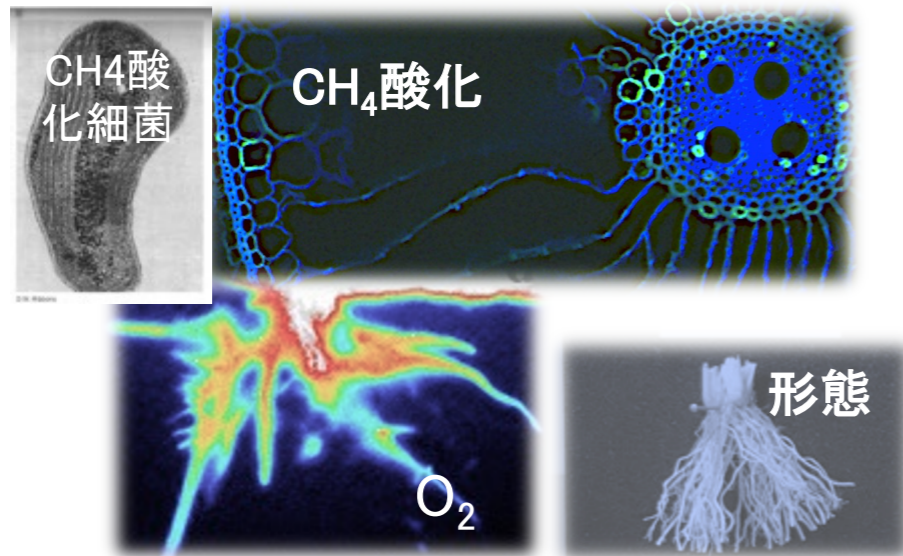
微生物 + 種子 + キャリア

Cool Erathのための微生物接種等の社会受容



CH₄無害化イネ栽培

イネの低メタン化技術の開発



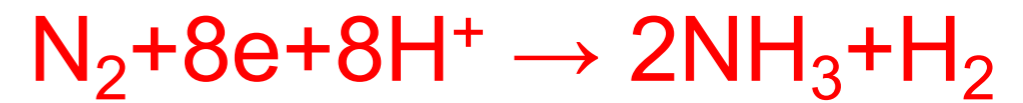
低メタン化イネ

主要品種の低メタン化 + (メタン酸化菌)

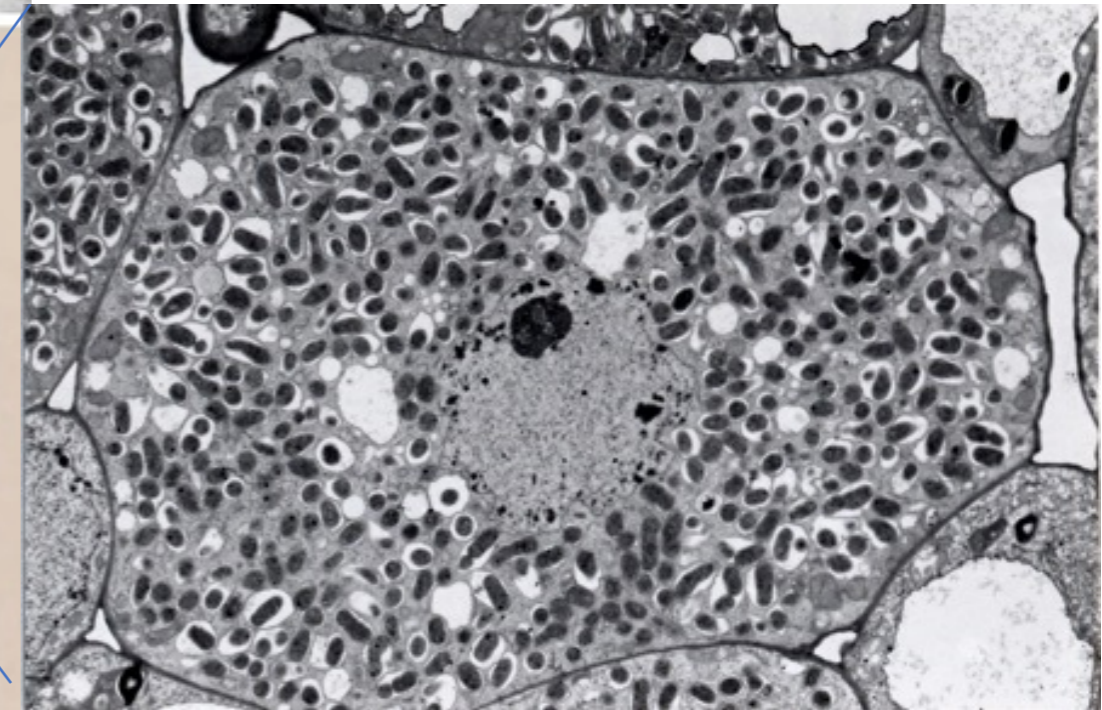
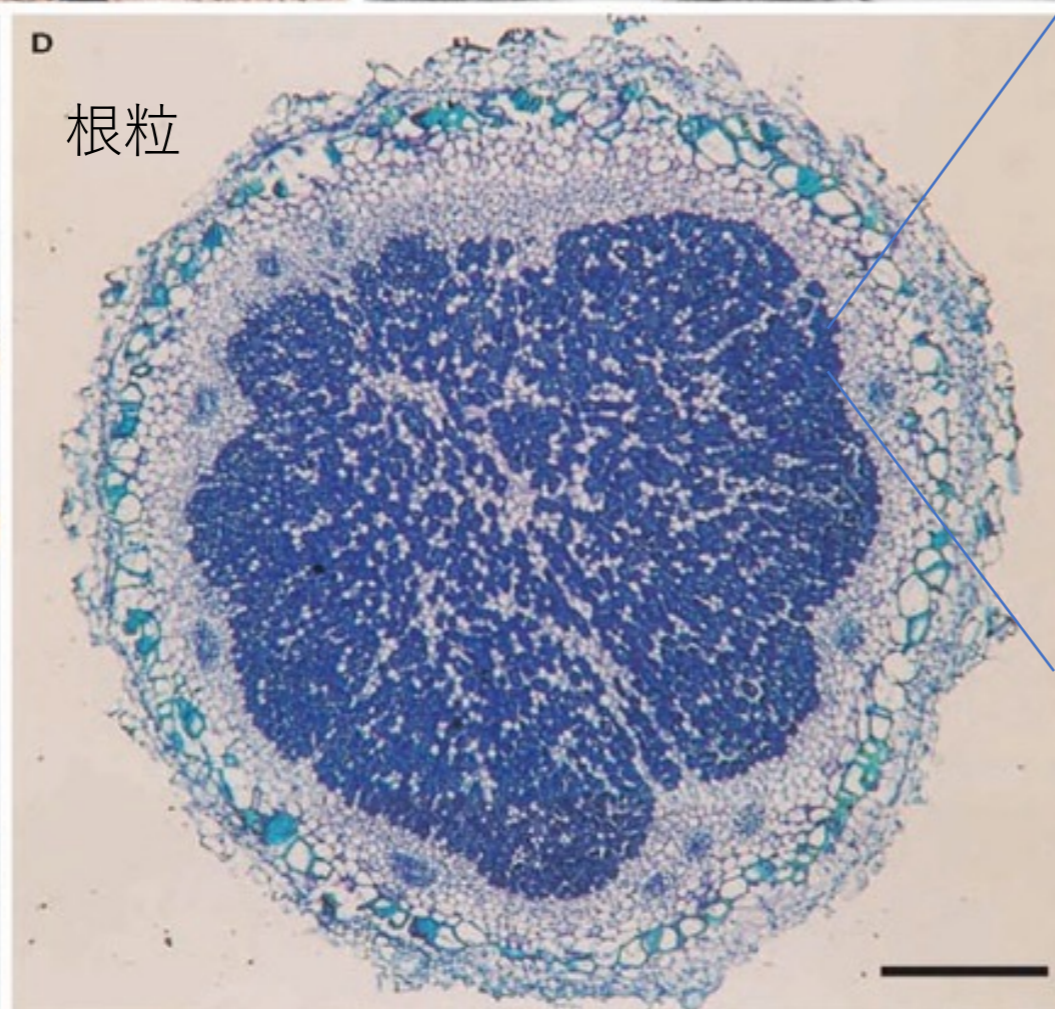
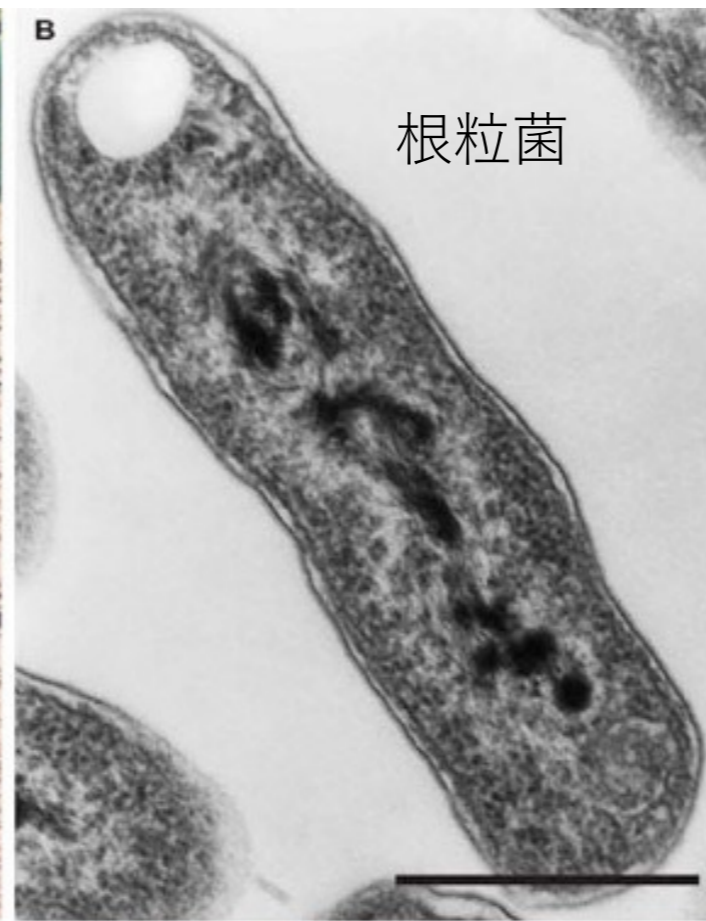


根粒菌の共生

マメ科作物根に根粒を形成し、窒素固定を行う土壌細菌



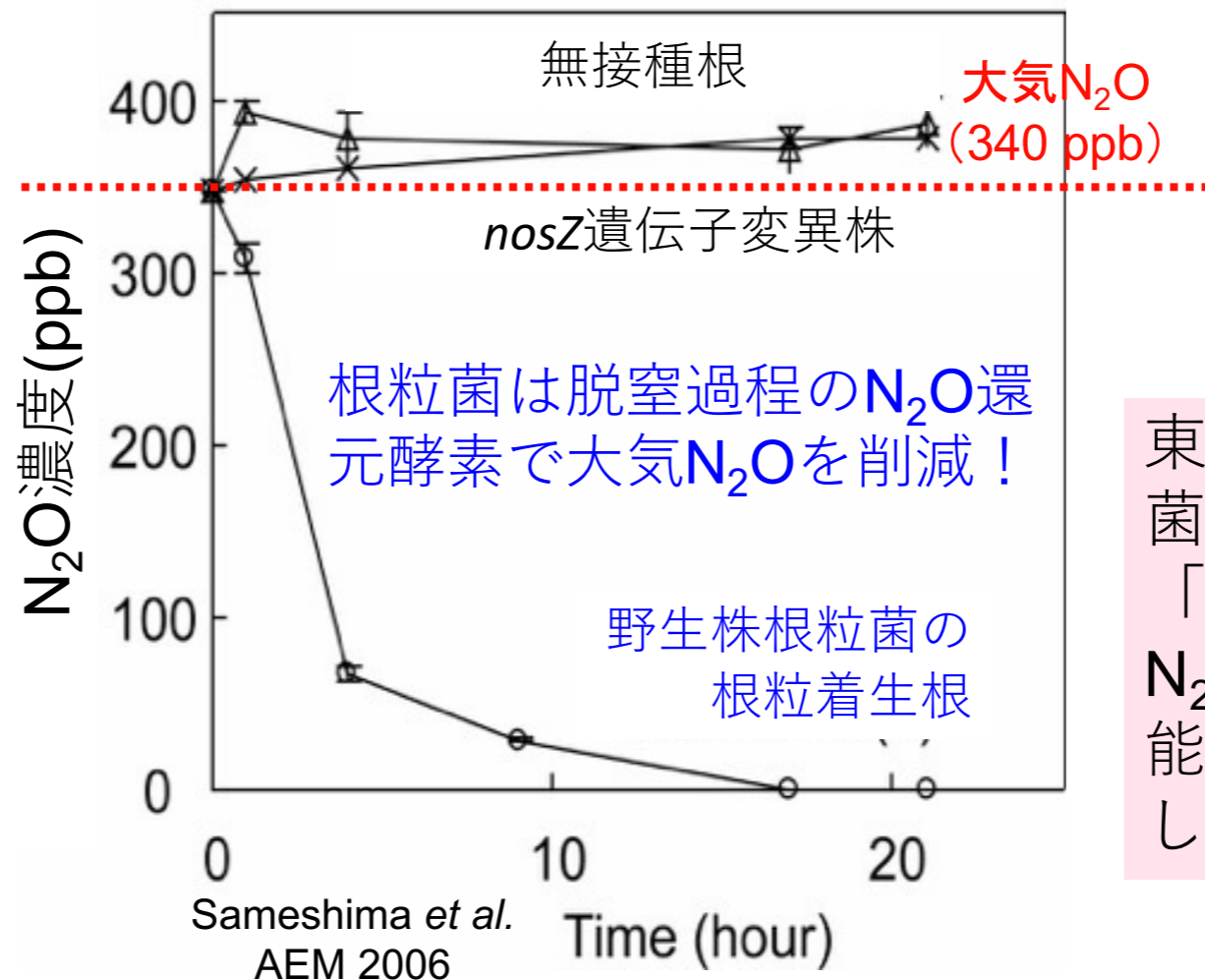
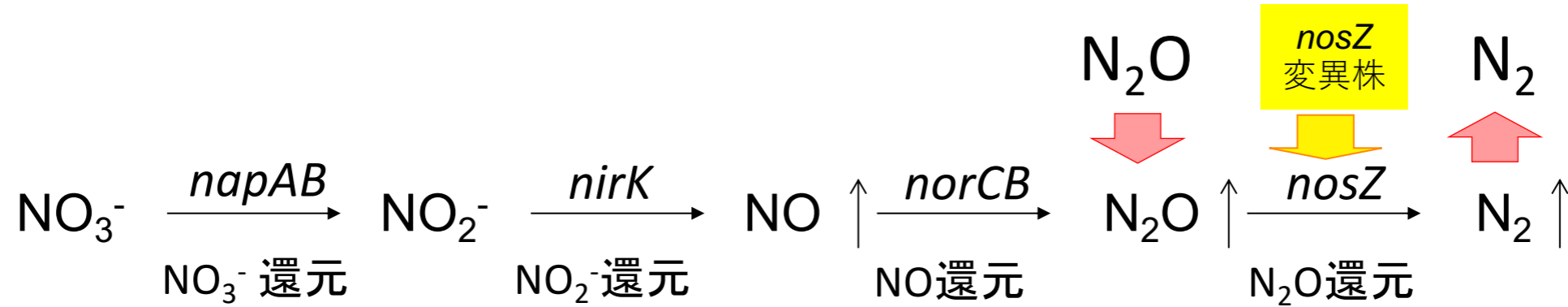
窒素ガス(N₂)をアンモニアへ



A ダイズ, **B** 培養した根粒菌の超薄切片像, **C** 根粒, **D** 根粒横断面の光顕像. 根の表皮, 皮層に包まれた組織中央に, 青く染まった根粒菌感染細胞が観察される. 共生窒素固定を支えるために, 維管束が発達している. Bars : **B** 0.5 μm ; **D** 0.5mm.

ある種の根粒菌は温室効果ガスN₂Oを削減する

ダイズ根粒菌(*B. diazoefficiens*)の脱窒過程



東北大学は、ある種の根粒菌が窒素固定だけでなく「大気中の（ごく薄い）」N₂O(340 ppb)を吸収する機能を持っていることを見出した。

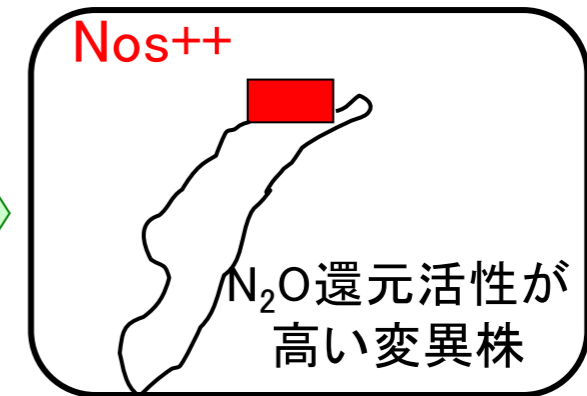
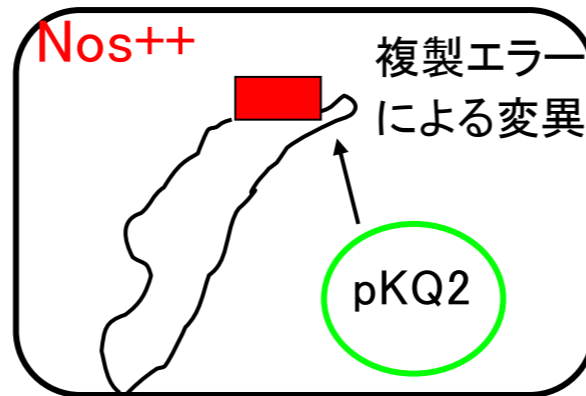
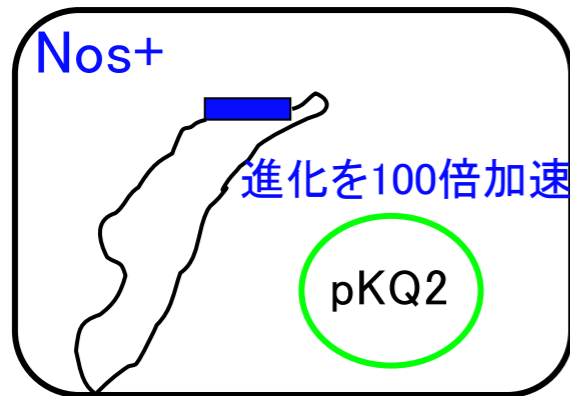
突然変異やゲノム編集によりN₂O除去能のさらに高い根粒菌Nos強化株を作出した！

N₂O除去能の高い根粒菌Nos強化株の作出

Itakura *et al.* AEM 2008
Nat. Climate Change 2013

ダイズ根粒菌

選択圧によるNos活性上昇



変異誘発 pKQ2

N₂O呼吸培養による選択圧

変異pKQ2の除去

ダイズ根粒菌N₂O還元活性強化株 (Nos強化株) の機構解明と接種資材としての利用

地球温暖化防止

オゾン層保全

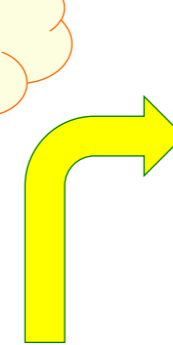
地球環境に優しく栽培された作物を、積極的に買いたい！

Nos強化根粒菌



N₂O削減

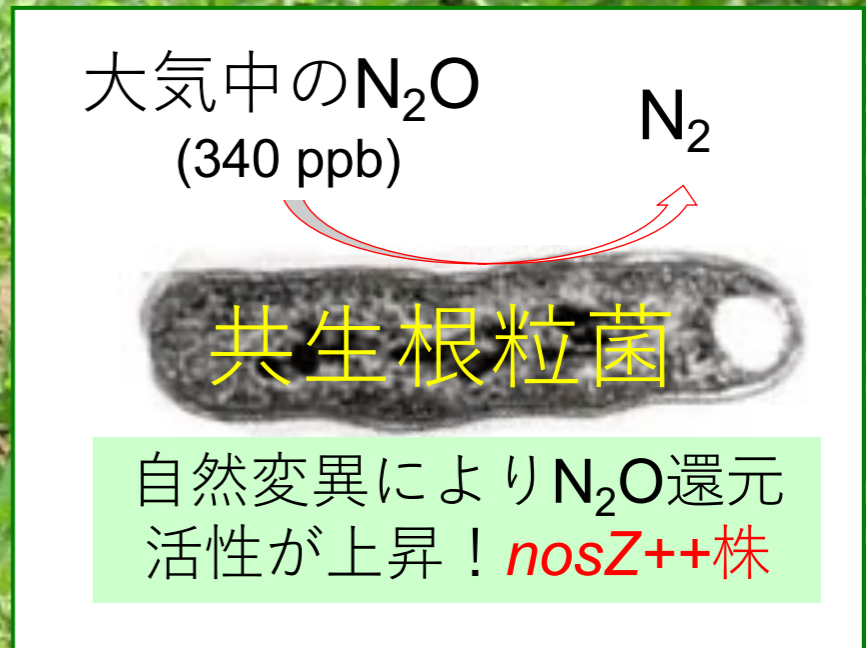
N₂O



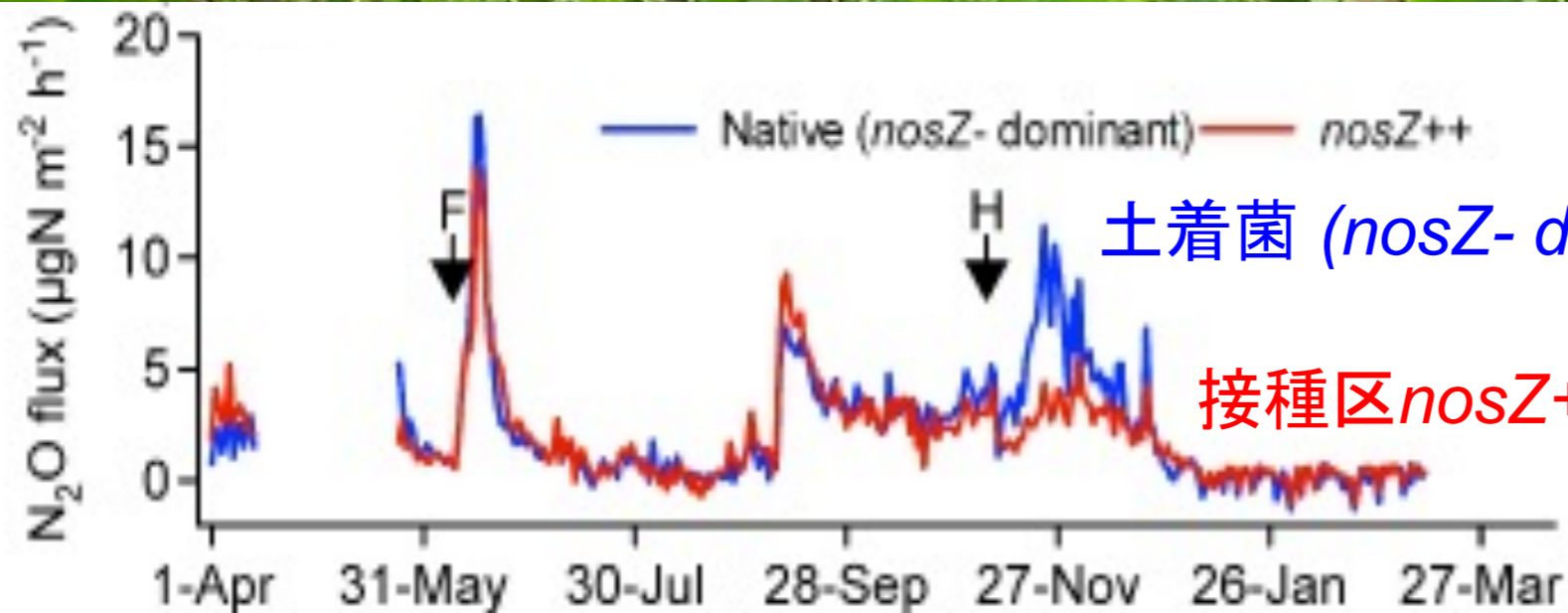
根粒菌のN₂O削減の実験例 (NARO圃場)



接種菌の根粒形成率20%代
(競合問題)



NARO圃場



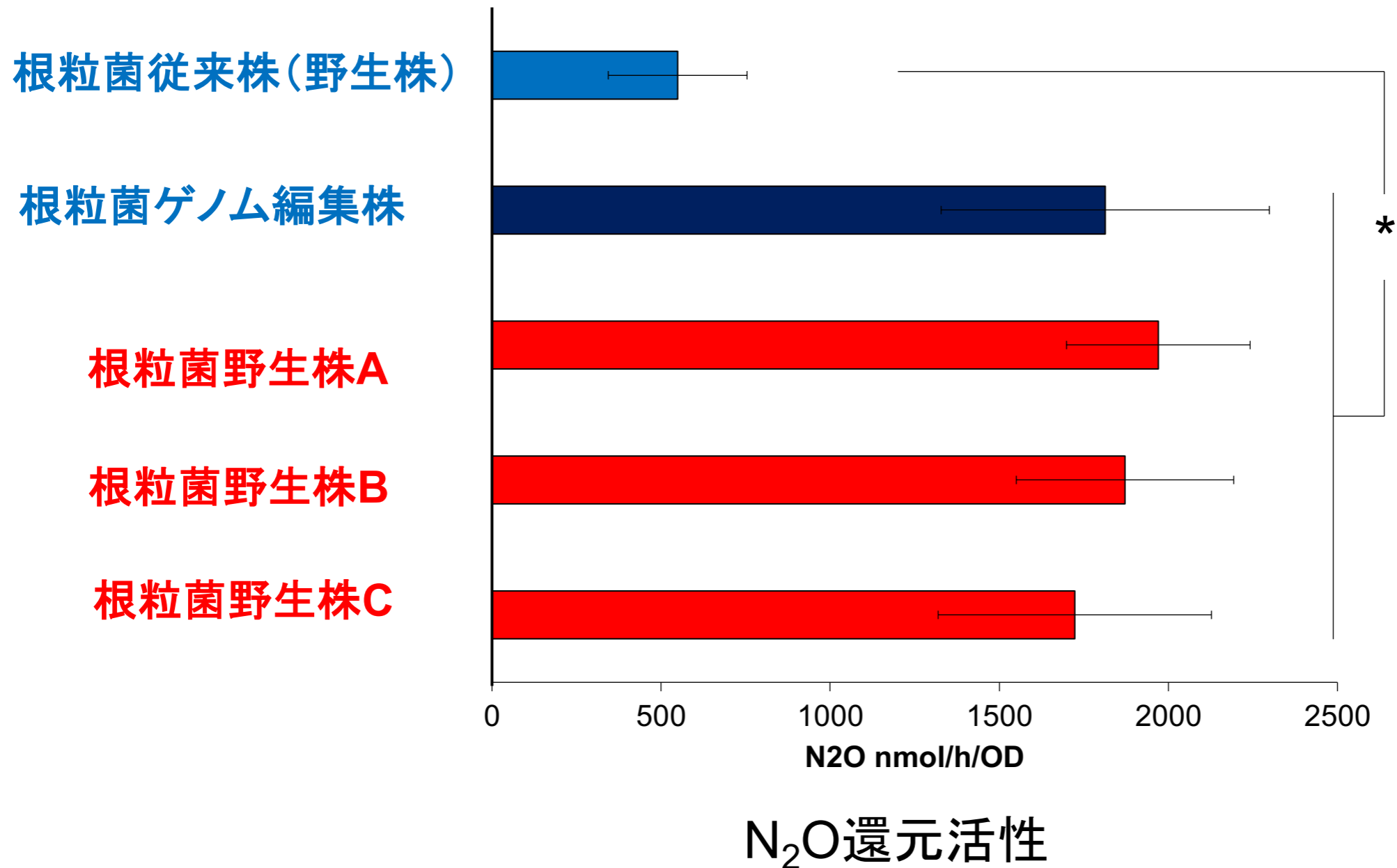
先駆的成果

Itakura *et al.* Nature
Climate Change, 2013

矢印のFは施肥、Hは収穫のタイミングを示す

現時点の主な成果

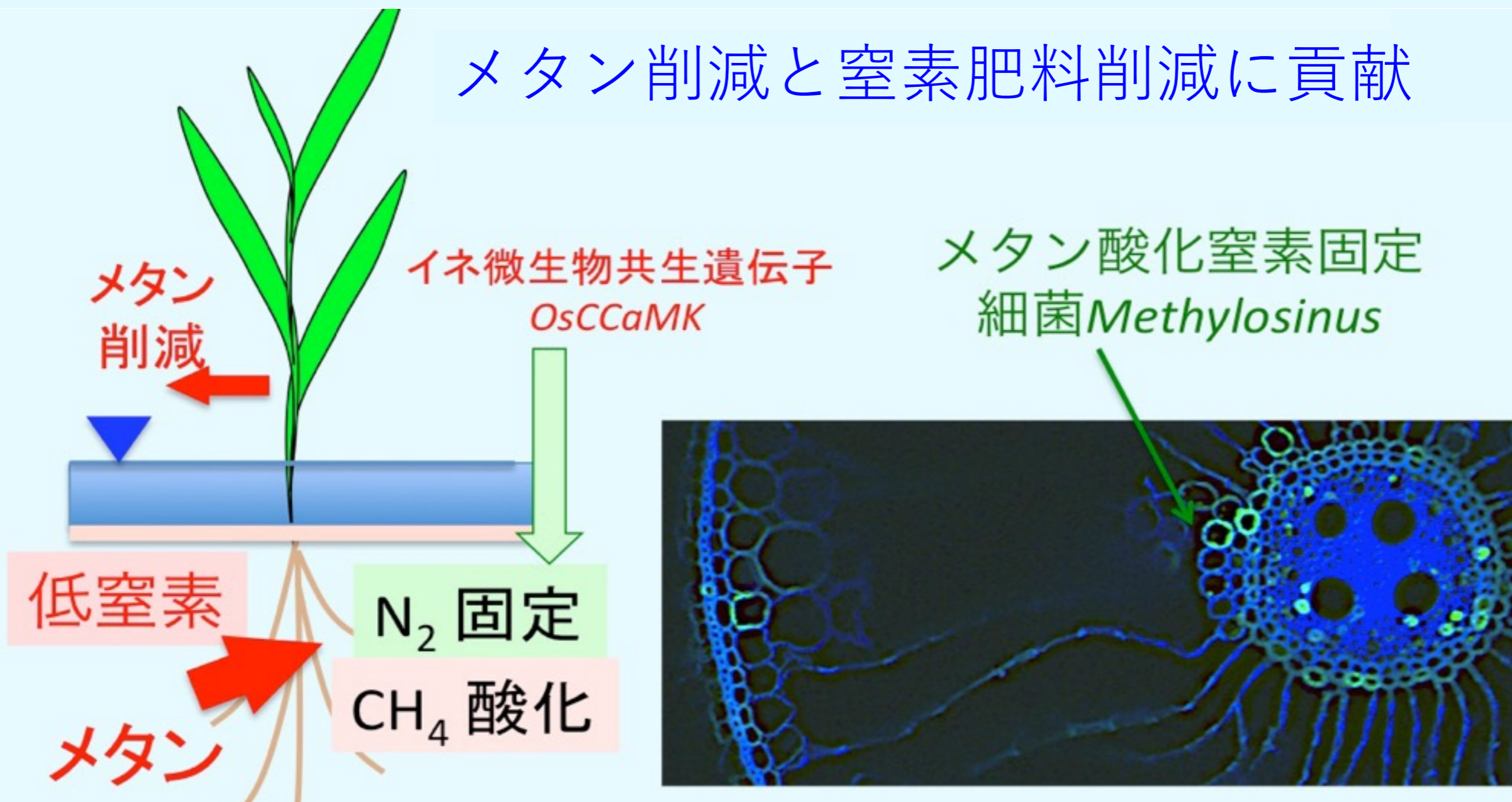
今まで根粒菌のゲノム編集でしかN₂O還元活性を上昇することは不可能であった。
しかし、N₂O還元活性の高い新規の根粒菌野生株を取得できた。



新規野生株の接種によるN₂O削減効果も観察されている。

水稻根のメタン酸化窒素固定

メタン削減と窒素肥料削減に貢献

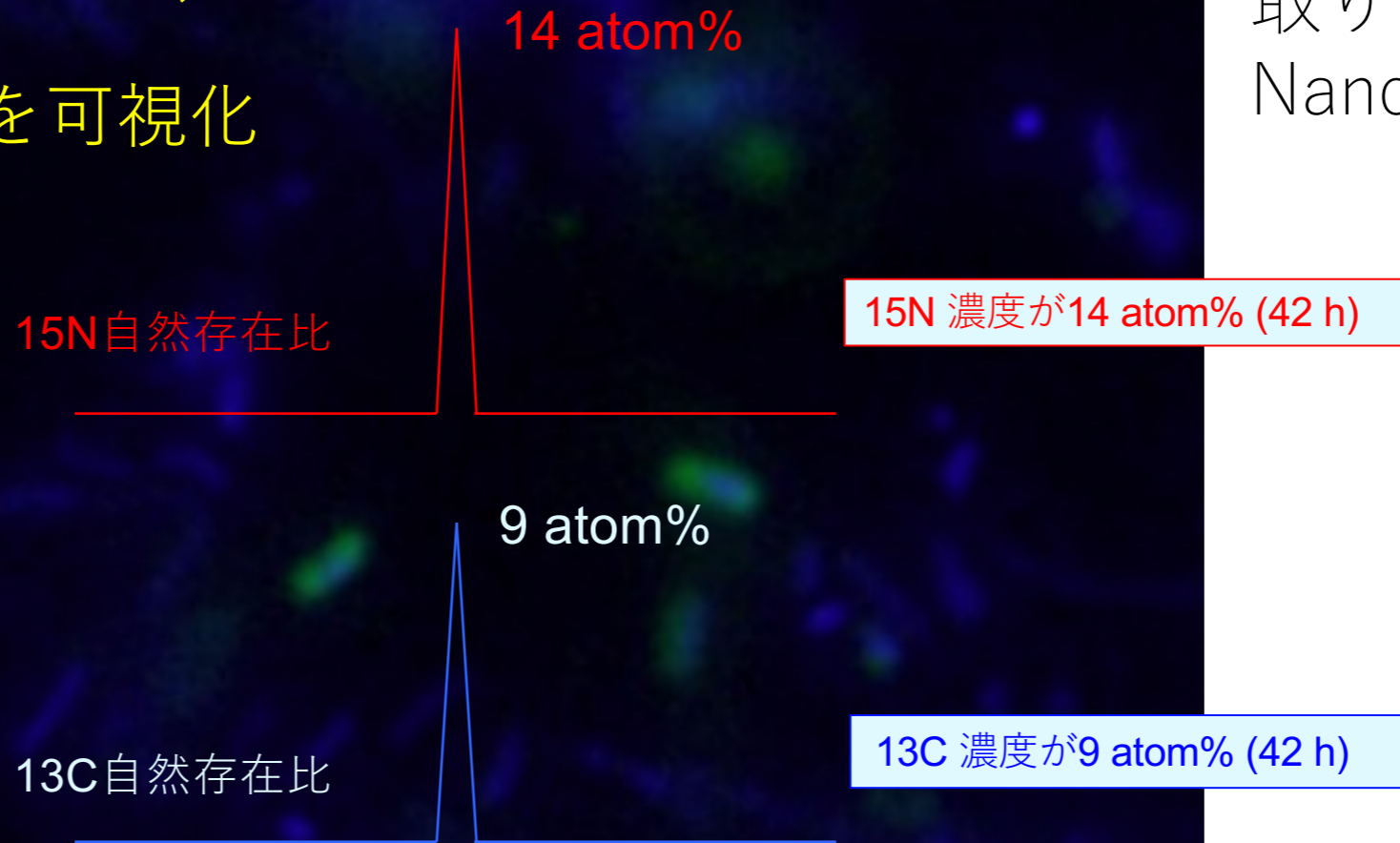


- IV-2-a CH₄ 酸化窒素固定菌のイネ定着メカニズムの解明
- IV-2-b 高活性CH₄酸化窒素固定菌の分離

現時点の主な成果

二次元高分解能二次イオン質量分析 (NanoSIMS)

細胞レベルの ^{15}N , ^{13}C を可視化



同位体顕微鏡による
 $^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ 濃度のスキャン
(白点線)

緑の細胞は、FISH法で検出された
Type IIメタン酸化細菌

10.0 μm

圃場栽培イネ根に
 $^{15}\text{N}_2$, $^{13}\text{CH}_4$ を暴露し、細菌細胞を
取り出してFISHと
NanoSIMS解析

メタン酸化窒素固
定を促進するため
のイネと菌の研究
を実施中

市民参加型プロジェクト (市民科学_ ELSI)

<https://dsoil.jp/soil-in-a-bottle/>



市民科学プロジェクト

地球冷却微生物を探せ

概要

活動内容

参加登録

運営組織

お問い合わせ



いま、
空気と土を
真剣に考えよう

~未来の環境をまもるために~

実験に協力してくれる
ボランティア募集中!



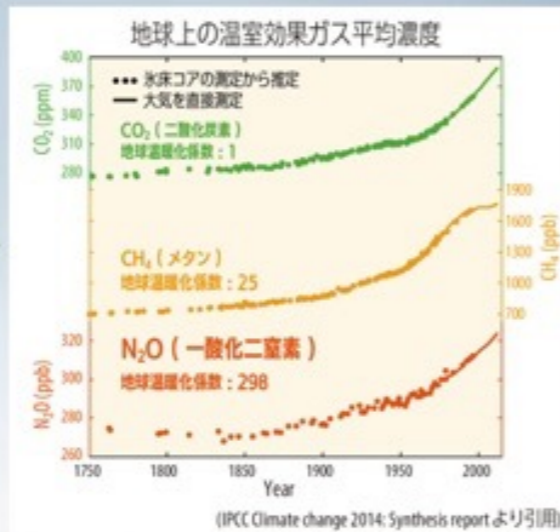
市民科学プロジェクト

地球冷却微生物を探せ



N₂O って知っていますか?

地球温暖化は生態系の破壊や自然災害の発生を引き起こし、私たちの生活に大きな悪影響を及ぼします。温暖化の主な原因は、人間活動によって排出されるCO₂ (二酸化炭素) などの温室効果ガスです。中でもN₂O (一酸化二窒素) は同じ体積で比較するとCO₂ の約300倍の温室効果をもたらす気体で、排出の削減が急務です。



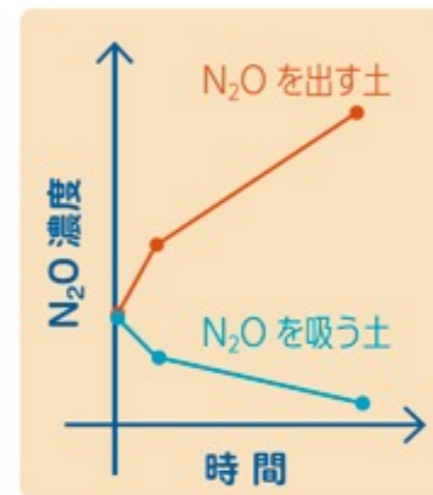
わたしたちの身の回りには、N₂Oの主な発生源のひとつです。土の中には様々な種類のN₂O発生源微生物(主に細菌とカビ)が生息していて、肥料などに含まれるアンモニアや硝酸をN₂Oに変換します。数は少ないですが、土の中にはN₂Oを消去できる微生物も存在します。その中でもより高いN₂O消去能力をもった微生物を探し出し、地球冷却微生物として大気中のN₂O削減に利用したいと考えています。

市民科学プロジェクト 「地球冷却微生物を探せ」

市民との双方向コミュニケーション
としての位置付けELSI

N₂O吸収土壌と新規N₂O除去菌の探索

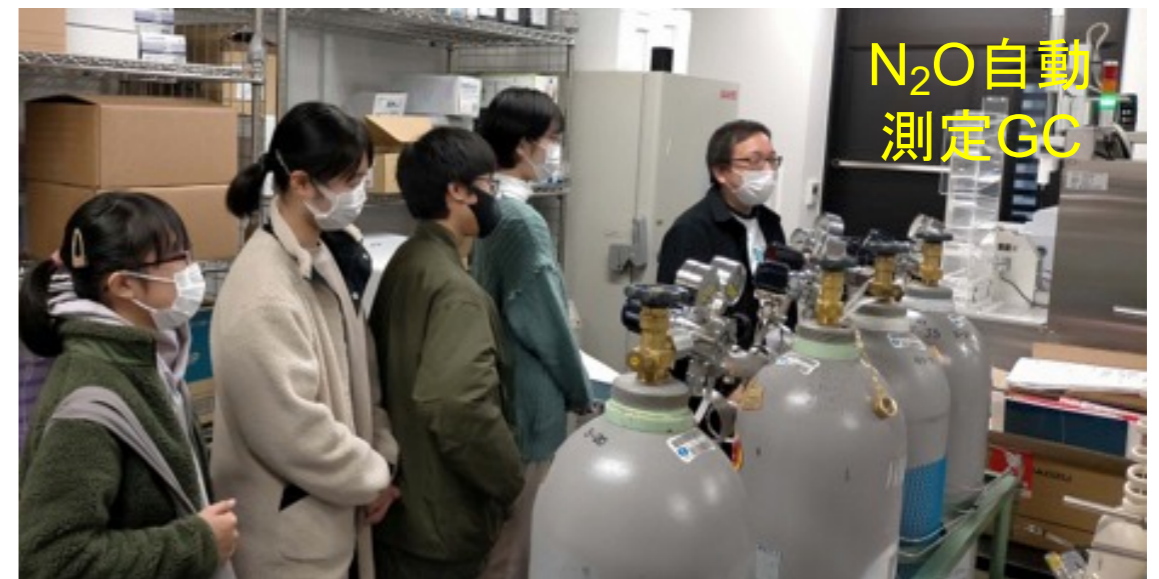
気体の分析



微生物叢解析



- DNA 土壌細菌 A
- DNA N₂O 消去細菌 B
- DNA 土壌細菌 C
- ...



宮城県立第一高等学校の1年生

