

兵庫県「有機農業を含む環境創造型農業推進施策検討会」第1回会議

農業分野でのカーボンニュートラルに向けた手法と取組事例

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境研究部門 気候変動緩和策研究領域

須藤重人

本日の話題

1. 大気中のCO₂のこと
2. ゼロエミッションへの考え方
3. カーボンニュートラルの農業とは

本日の話題

1. 大気中の温室効果ガスのこと
2. ゼロエミッションへの考え方
3. カーボンニュートラルの農業とは

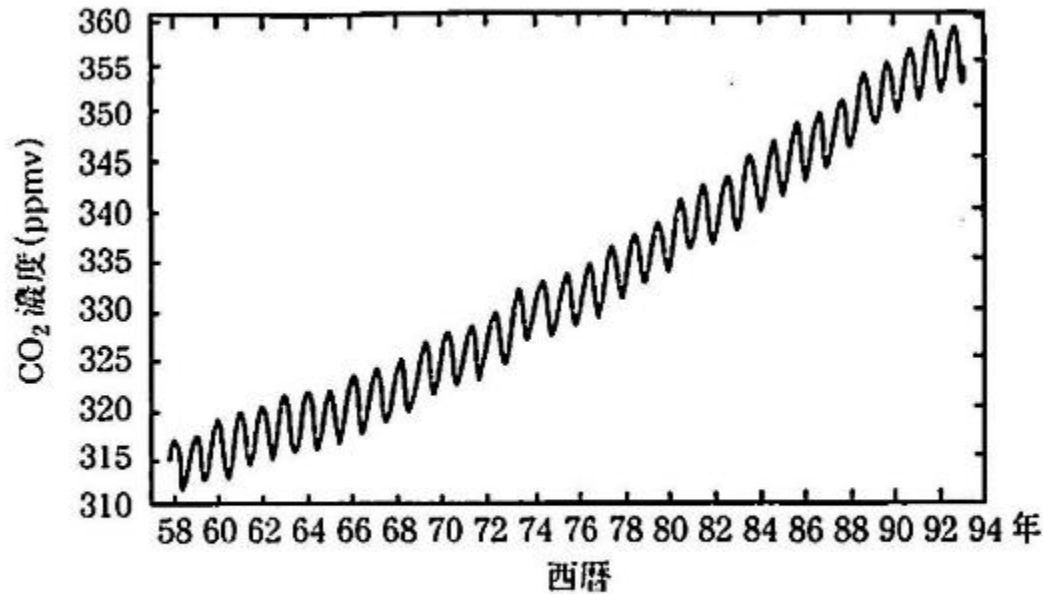


図 6-6 ハワイのマウナロア観測所で 1958 年以來測定された大気中の CO₂ の長期変動

大気の 4.0Pg/yr の増加



化石燃料使用量 = 6.0Pg/yr

森林伐採の CO₂ 放出 = 1.6Pg/yr



差し引きで

6.0 + 1.6 - 4.0 = 3.6 Pg/yr 分は、海洋、生物、土壌等の地球科学的リザーバーに蓄積すると理解される。光合成を増大させる効果を有することから、これを施肥効果と称する。

大気中 CO₂ 濃度上昇を端的に証明するハワイ・マウナロア観測所の長期観測。

産業革命前 280ppmv から 2018 年では 405ppmv まで CO₂ は上昇した。

重要な点は、この間に、CO₂ 濃度は非常に規則的かつ連続的に上昇している点である。夏季のハワイは ICTZ に接近し、植生による光合成も増大するため、南半球の CO₂ 濃度に近づく。

CO₂ のグローバルな増加率は 1.8ppmv/yr⁻¹ である。この増加分は、ほぼ化石燃料燃焼による放出と理解される。

6.5 炭素循環

質量の単位	
g	1
kg	10^3
Mg	10^6
Gg	10^9
Pg	10^{12}

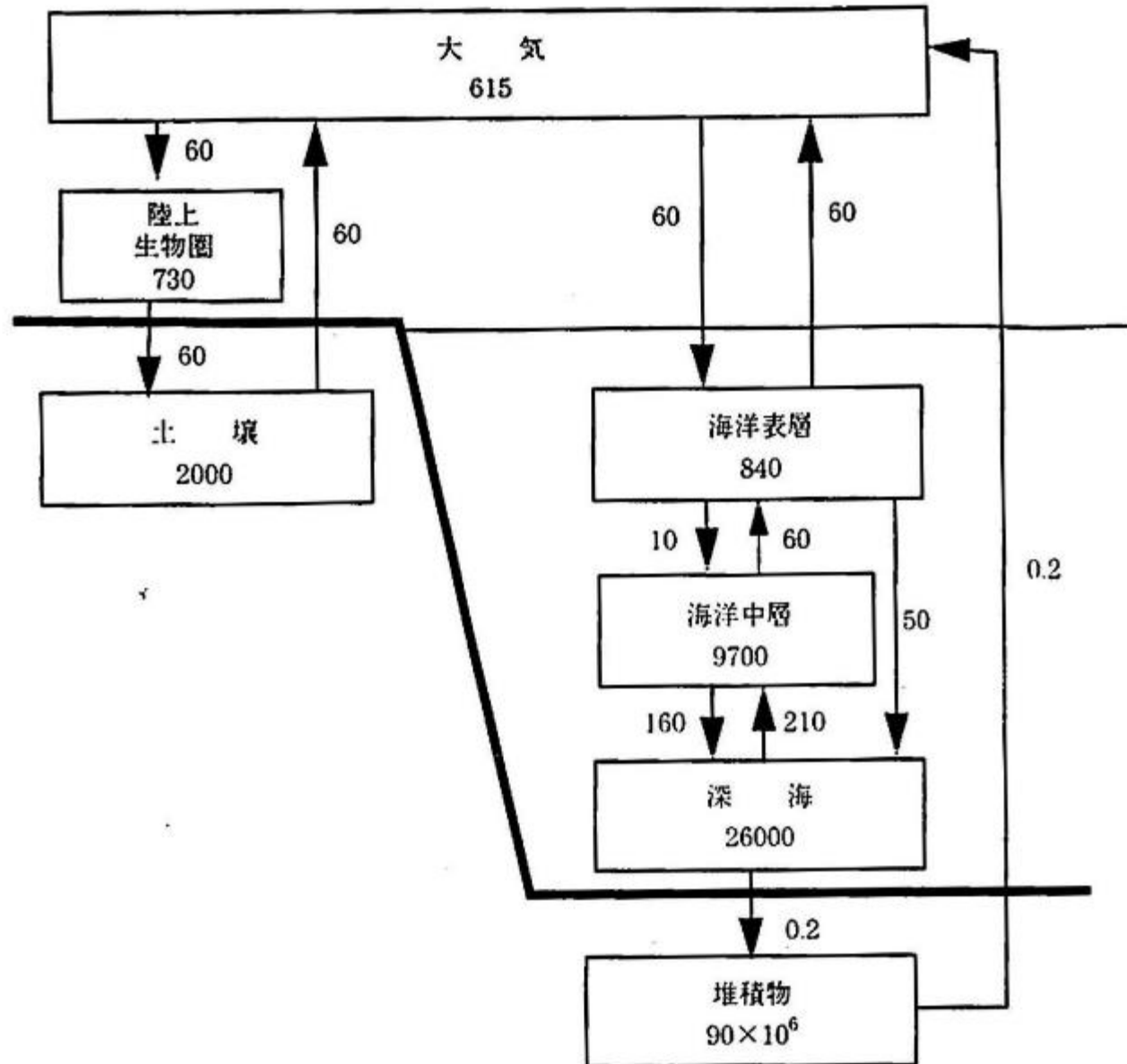
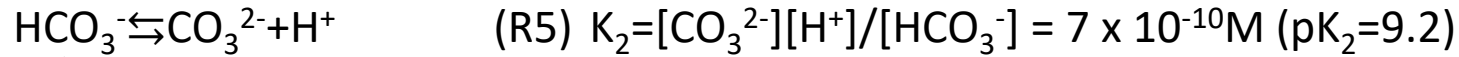
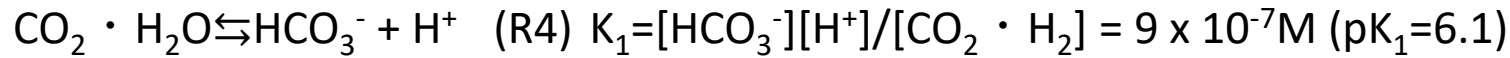


図6-10 産業革命以前の炭素循環

存在量は Pg C 単位, 流量は Pg C yr⁻¹ の単位で示す. McElroy, M. B., The Atmosphere: An Essential Component of the Global Life Support System. Princeton, N. J.: Princeton University Press (出版予定) をもとに作成.

海洋における炭酸塩の化学



注) $\text{M} = \text{mol L}^{-1}$

K_{H} は気相と水の間での CO_2 平衡を与えるヘンリー一定数 (CO_2 が水にとける割合)

K_1 第一酸解離定数、 K_2 第二酸解離定数

海洋の平均 pH は約 8.2 (弱アルカリ性 ← 岩石の溶け込みに由来)

ヘンリーの法則：揮発性の溶質を含む希薄溶液が気相と平衡にあるときには、気相内の溶質の分圧 p は溶液中の濃度 c に比例する。このときの比例定数がヘンリー一定数。

$\text{p}K_1 < \text{pH} < \text{p}K_2$ である (マイナス \log なので、値が小さいほど存在量が少ない) ことから、海洋に溶けている CO_2 の大部分は、 HCO_3^- の形態である。

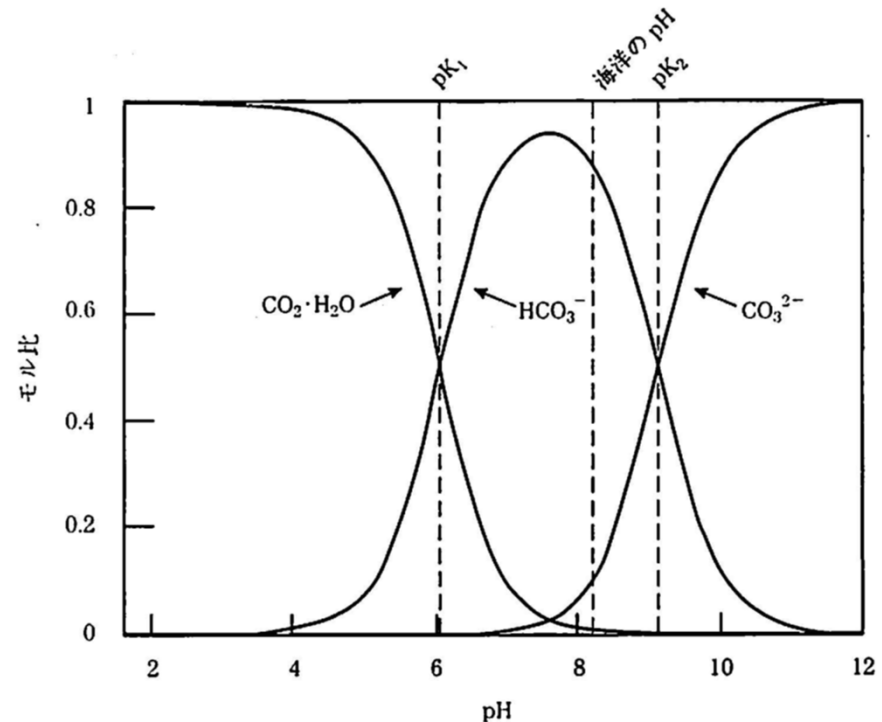


図 6-7 海水中の全炭酸塩 $\text{CO}_2(\text{aq})$ の分配の pH 依存性

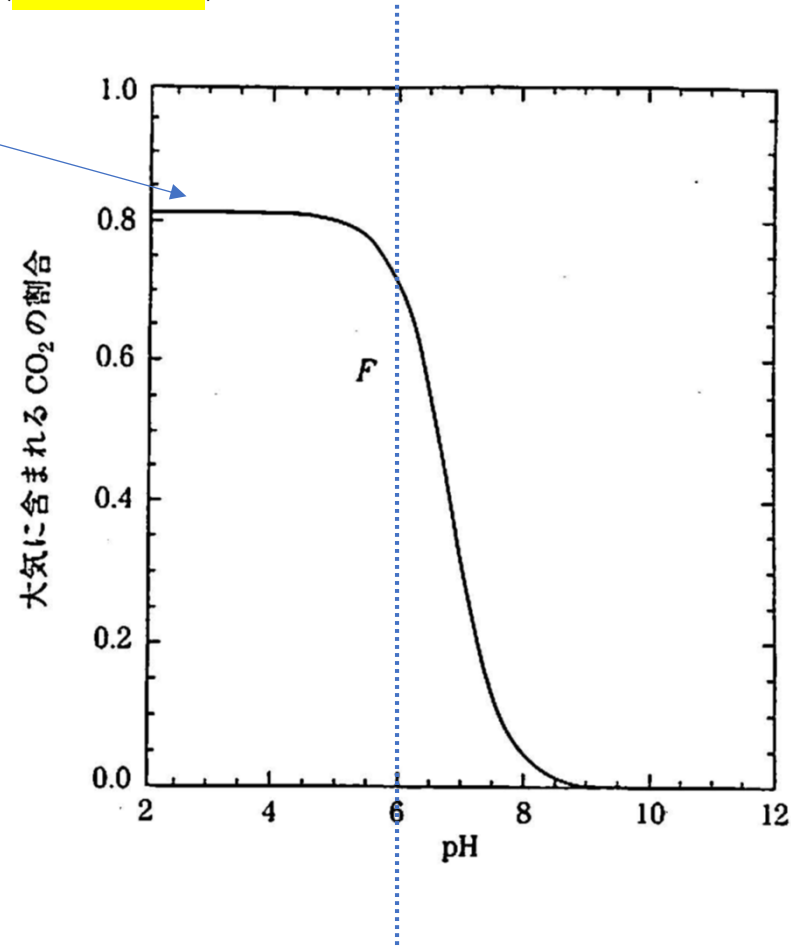
平衡状態では、ほとんどすべてのCO₂が海洋中に溶けている。大気中にあるのは約3%。

この試算は、海洋のpHに強く依存している。もし、海水が酸性であるならば、ほとんどのCO₂は大気に放出される。(大変だ！)

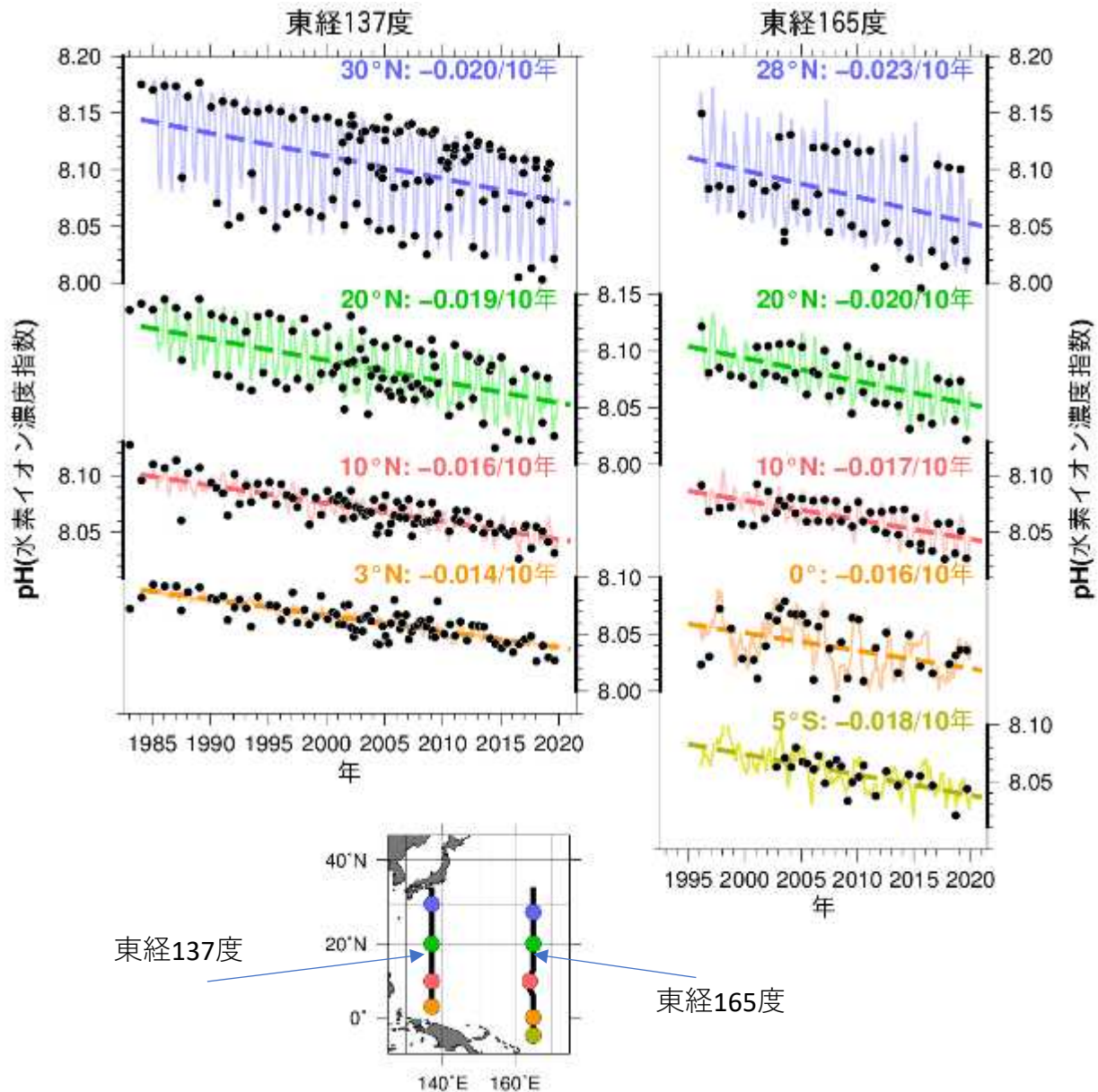
大気中のCO₂ 615Pg
海洋表層CO₂ 840Pg
海洋表層のCO₂がすべて大気に放出されれば、大気中CO₂は一気に2倍となる！

図6-8 大気-海洋システムの平衡状態を仮定したとき、大気中に含まれるCO₂の割合 F のpH依存性 (式 (6.8))

$$F = \frac{1}{1 + \frac{V_{oc}PK_H}{N_a} \left(1 + \frac{K_1}{[H^+]} + \frac{K_1K_2}{[H^+]^2} \right)} \quad (6.8)$$



(注) 「大気化学入門」 P98の説明に基づいています



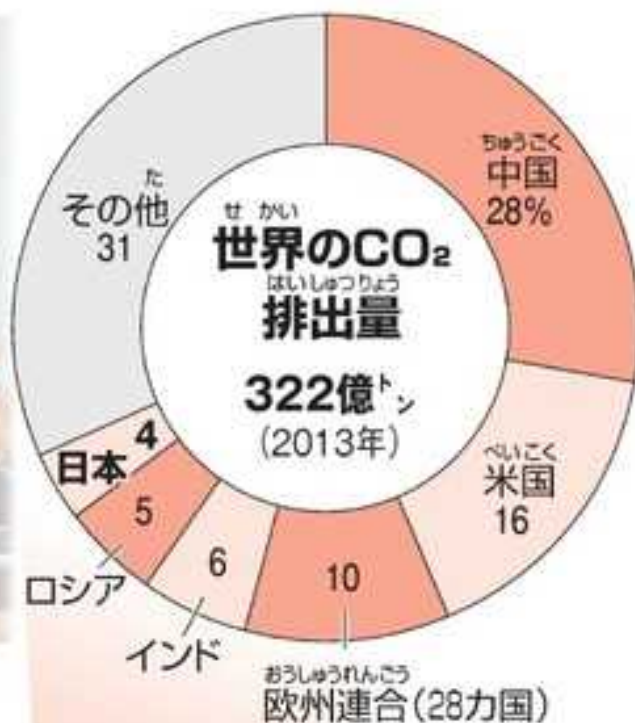
- 北西太平洋（東経137度線、東経165度線）における表面海水中の水素イオン濃度指数(pH)は、10年あたり約0.02低下しています。
- 東経137度線、東経165度線では、観測を行っている全ての緯度帯において、海洋酸性化が進行しています。

表面海水中のpHの長期変化傾向(北西太平洋)
令和2年1月31日発表気象庁地球環境・海洋部

温暖化対策の「パリ協定」

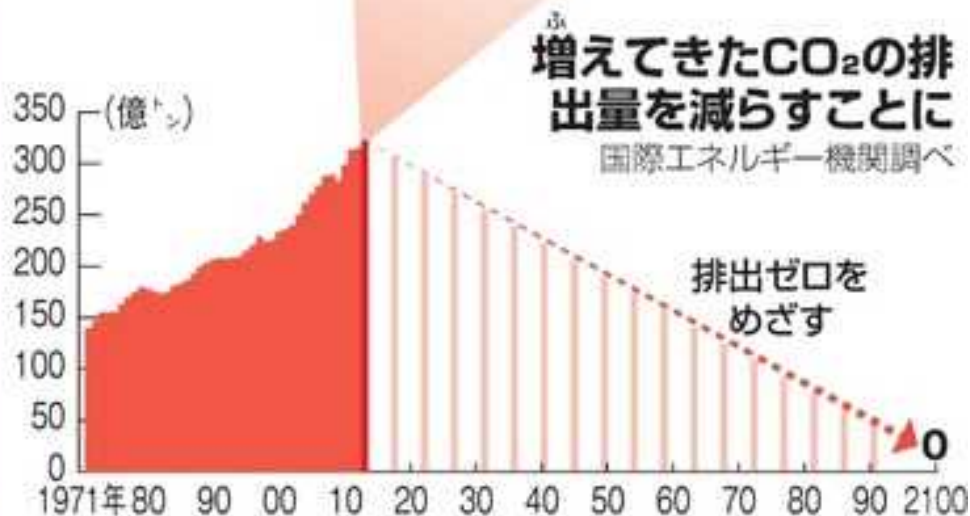


木づちを打って「パリ協定」の採択を宣言するCOP21議長の
 ファビウス氏(右から2人目)＝昨年12月



「パリ協定」の主な温暖化対策

- 平均気温が上がるのを2度より低くすることを世界全体の目標にする
- 各国は温室効果ガスを減らす目標を作り、5年ごとに見直す
- 温暖化で起きる被害を軽くするための対策をとる



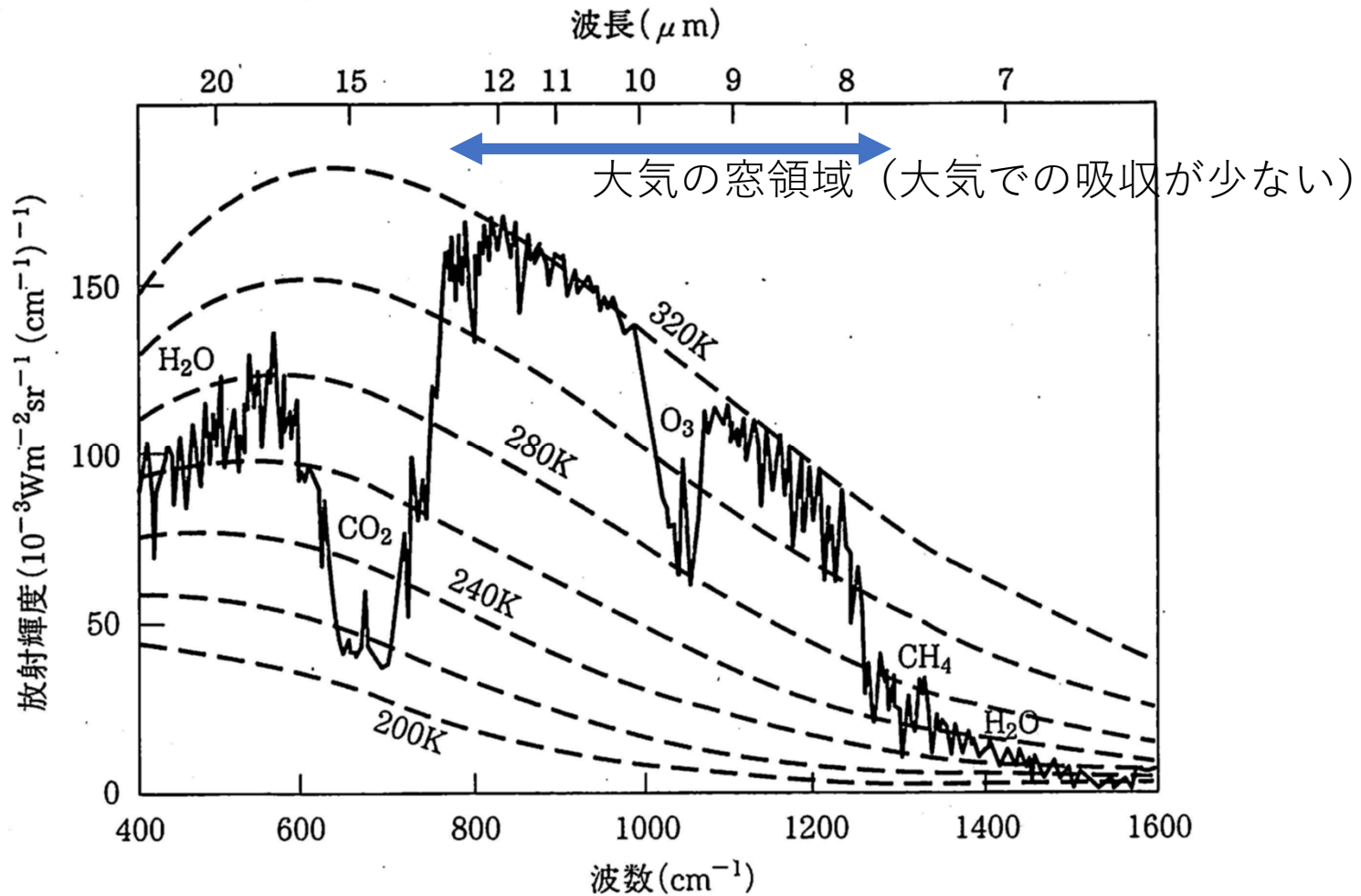
バックグラウンド大気（汚染のない大気）の組成
（1995年） → （2011年）

成分	化学式	混合比 (ppm by volume)
窒素	N ₂	780,900
酸素	O ₂	209,400
アルゴン	Ar	9,300
二酸化炭素	CO ₂	365 → 390
ネオン	Ne	18
ヘリウム	He	5.2
メタン	CH ₄	1.75 → 1.80
クリプトン	Kr	1
水素	H ₂	0.5
一酸化二窒素	N ₂ O	0.31 → 0.32
一酸化炭素	CO	0.1
キセノン	Xe	0.08
オゾン	O ₃	0.02
アンモニア	NH ₃	0.01
二酸化窒素	NO ₂	0.001
二酸化イオウ	SO ₂	0.0002

2011年

メタンの放出が温暖化に重要な理由：

二酸化炭素 (CO₂) による赤外線吸収 (15 μm 付近) はすでに飽和に近いが 8 ~ 12 μm の波長域は吸収される余地がある。メタンの吸収帯がここに存在する。⇒さらなる温暖化の余地あり！

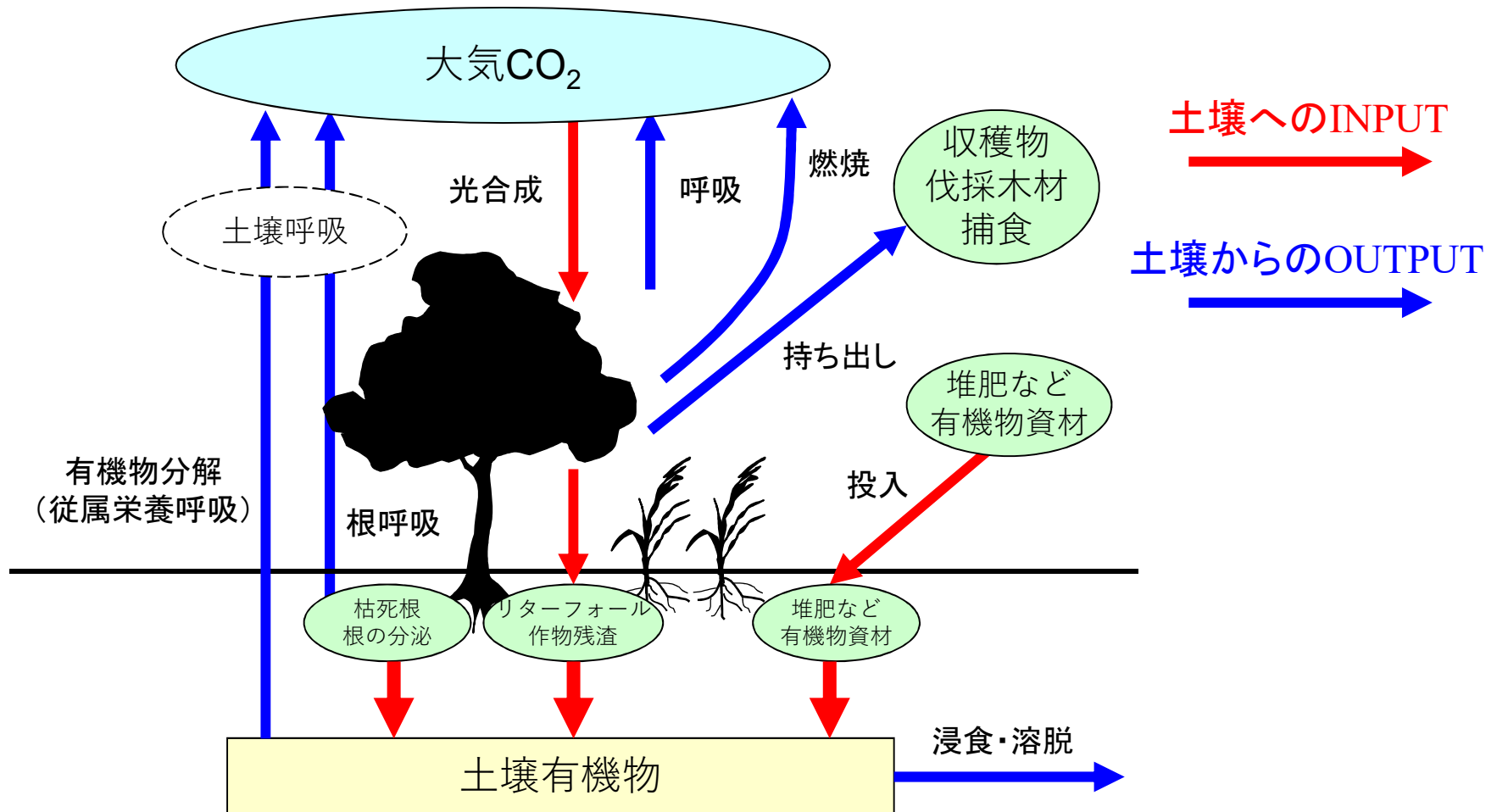


地球上球からみた地球の発する赤外放射スペクトル

二酸化炭素

CO₂を農地に隔離しておくには？

土壌圏における炭素収支



土壌有機炭素 (SOC) の変化量 = INPUT - OUTPUT

土壌有機炭素（SOC）を蓄積する技術

= 土壌にCO₂を吸収する技術

土壌へのINPUTを増加する

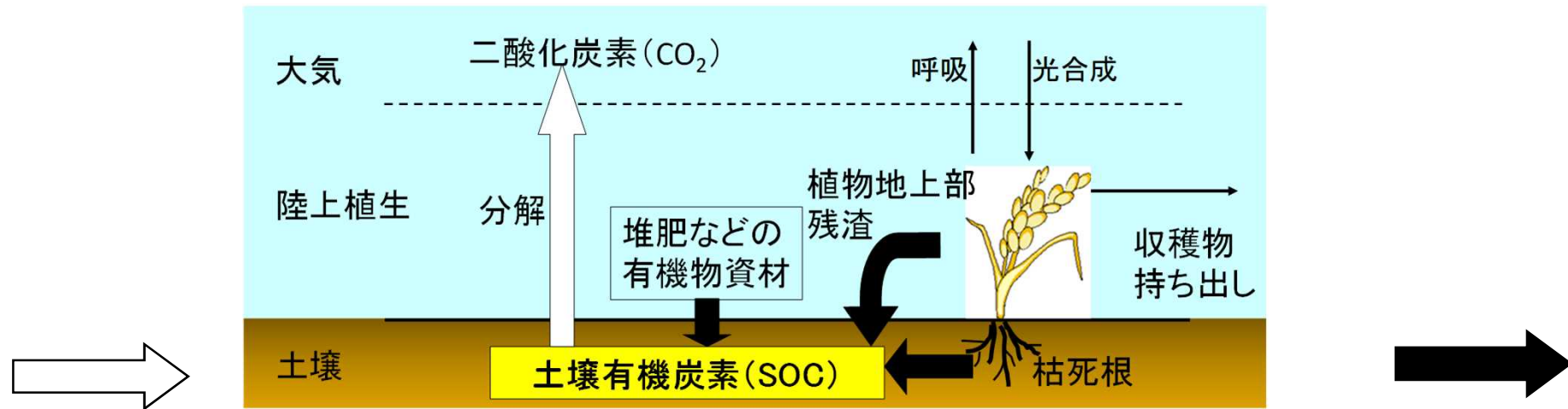
- 有機資材（堆きゅう肥）の投入
- 作物残渣の還元
- カバークロップや二毛作

土壌からのOUTPUTを減少する

- 不耕起、簡易（省）耕
- カバークロップや二毛作

土壌炭素が増減するメカニズム

どのような条件で土壌炭素が増加しやすいか



温度

- ・低いほど分解遅い→SOC増加
- ・**土壌水分**・過湿でも過乾でも増加
- ・**土壌理化学性**・粘質ほど増加、
- ・極端に酸性でもアルカリ性でも増加
- ・**管理法**・不耕起で増加

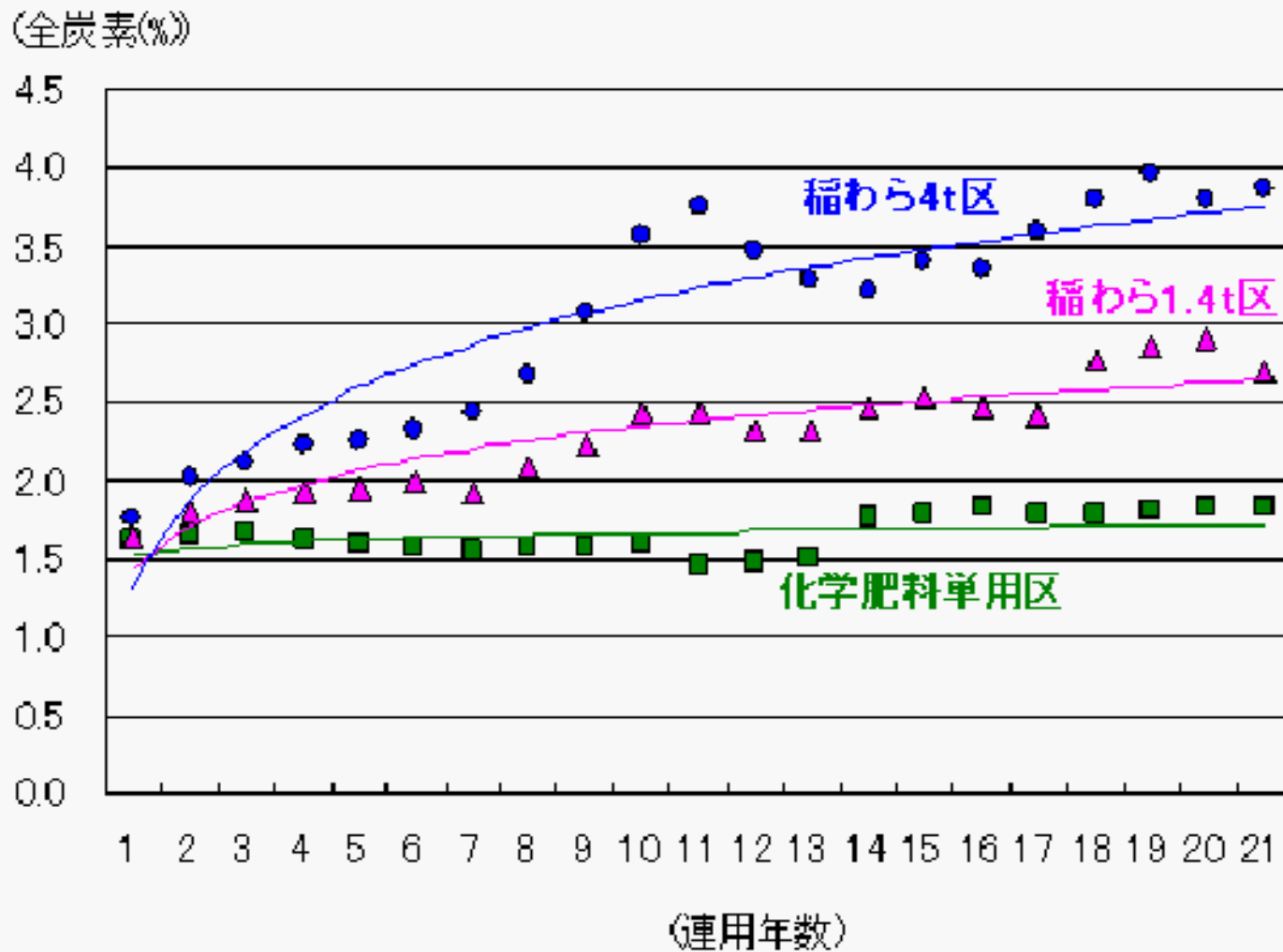
有機物投入(植物残渣・堆肥)量

- ・多いほどSOC増加
- ・**質(分解のし易さ)**
- ・C/N比が高いほど増加
- ・リグニン等難分解性含量が高いほど増加

・土壌炭素を増やすには、**土壌への投入を増やす**か、土壌からの損失(分解)を減らす(遅くする)か、どちらか、あるいは両方。

・人為的に変えられるものと変えられないものがある。

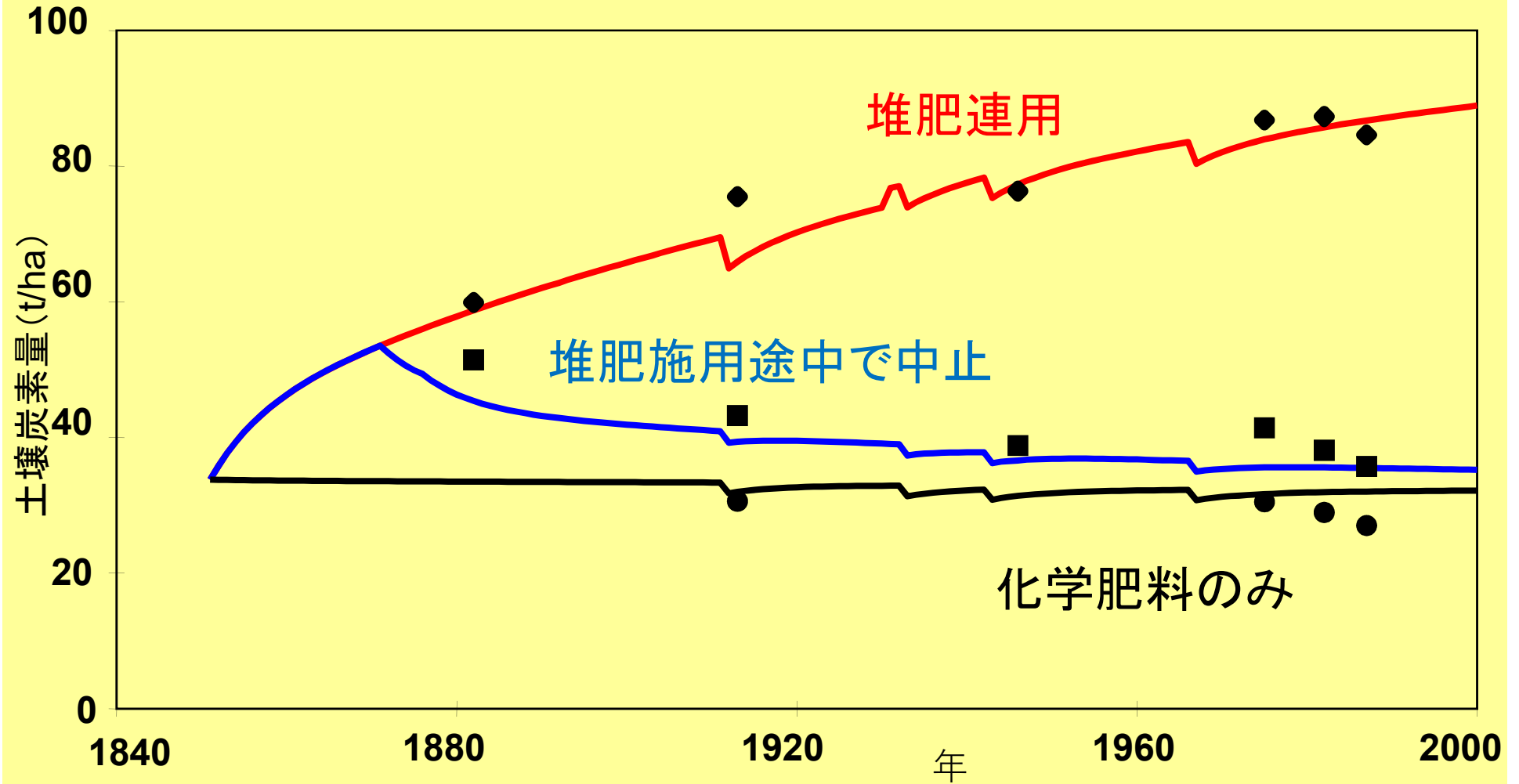
有機物施用による土壌炭素量の変化



「土壌環境基礎調査（基準点調査）」鳥取県農試水田圃場（鳥取市）

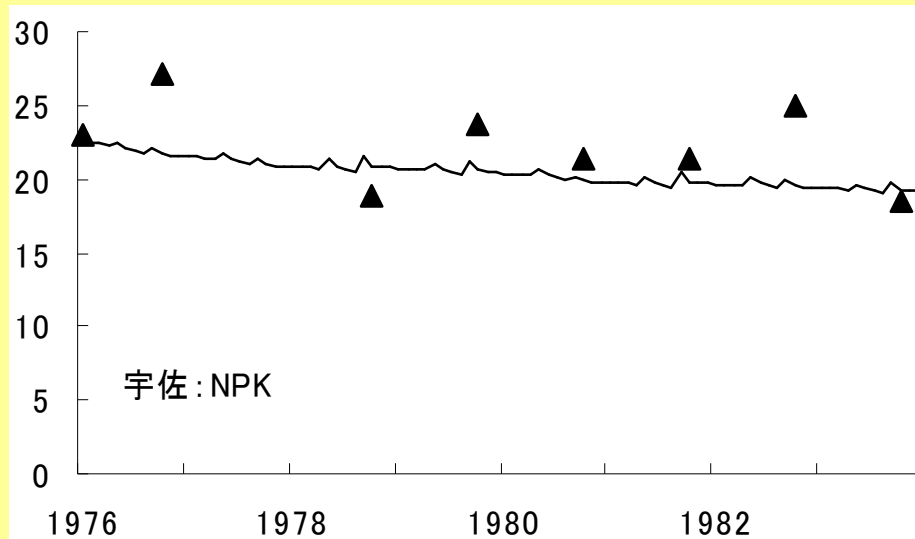
例えば、投入を増やす～たい肥の施用

英国：ローザムステッド試験場：150年以上の連用試験

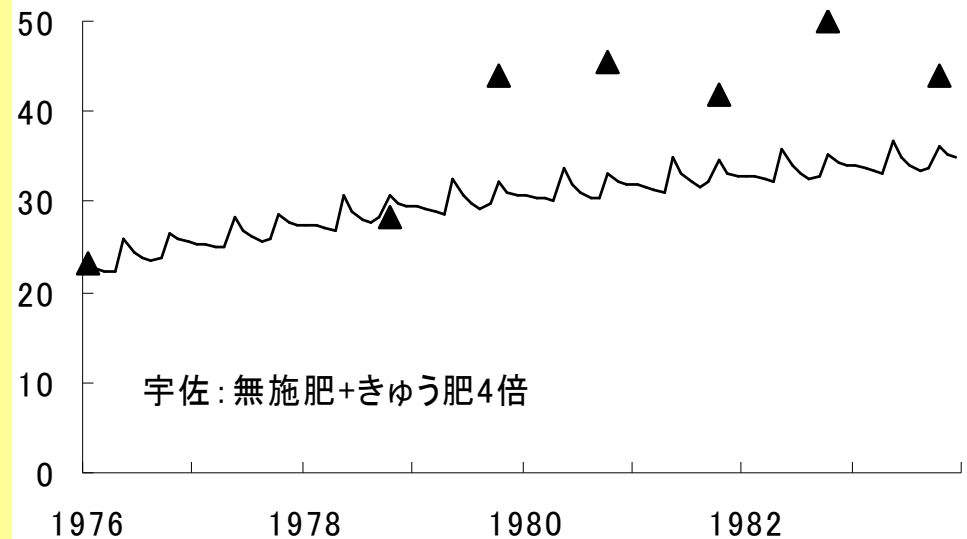


例えば、投入を増やす～堆きゅう肥の施用

日本の例：大分県、褐色森林土の畑

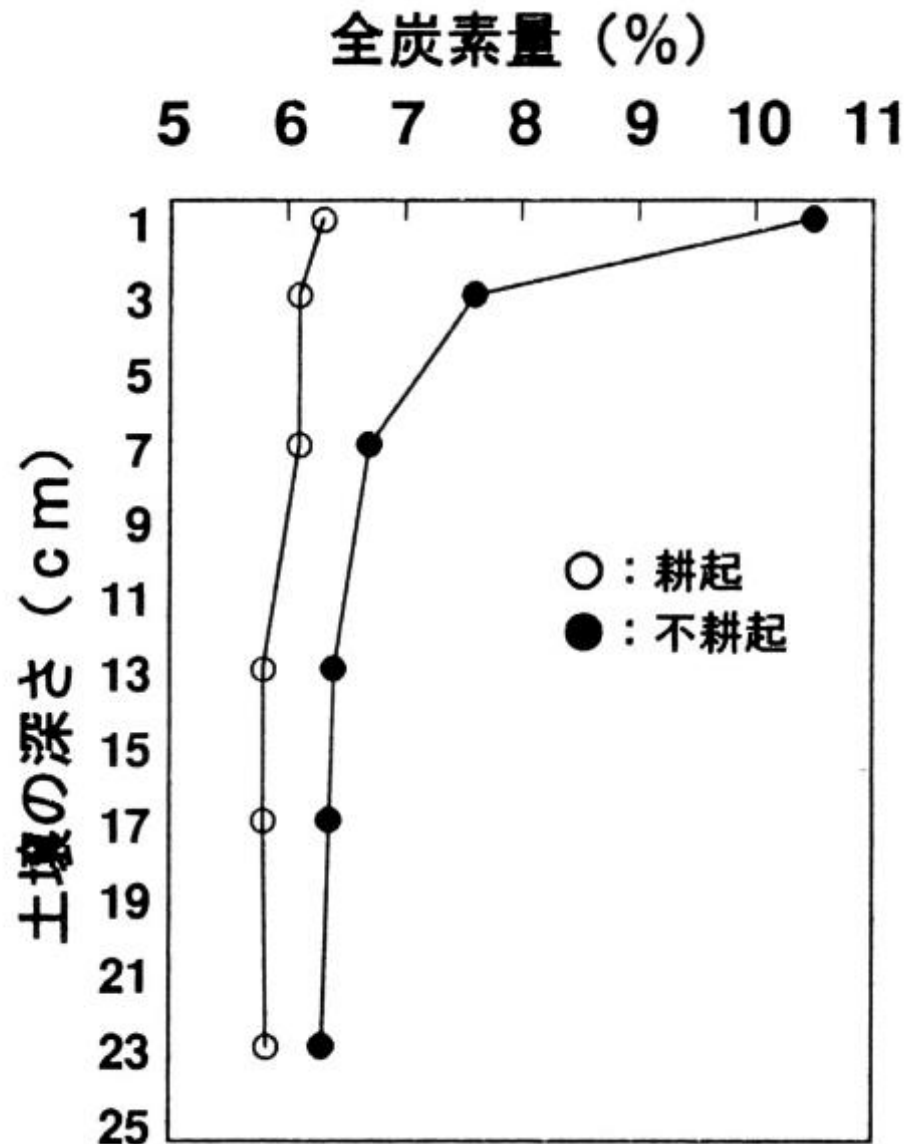


化学肥料区：土壤炭素が減少



きゅう肥施用区：土壤炭素が増加

例えば、分解を遅くする～不耕起、省耕起栽培

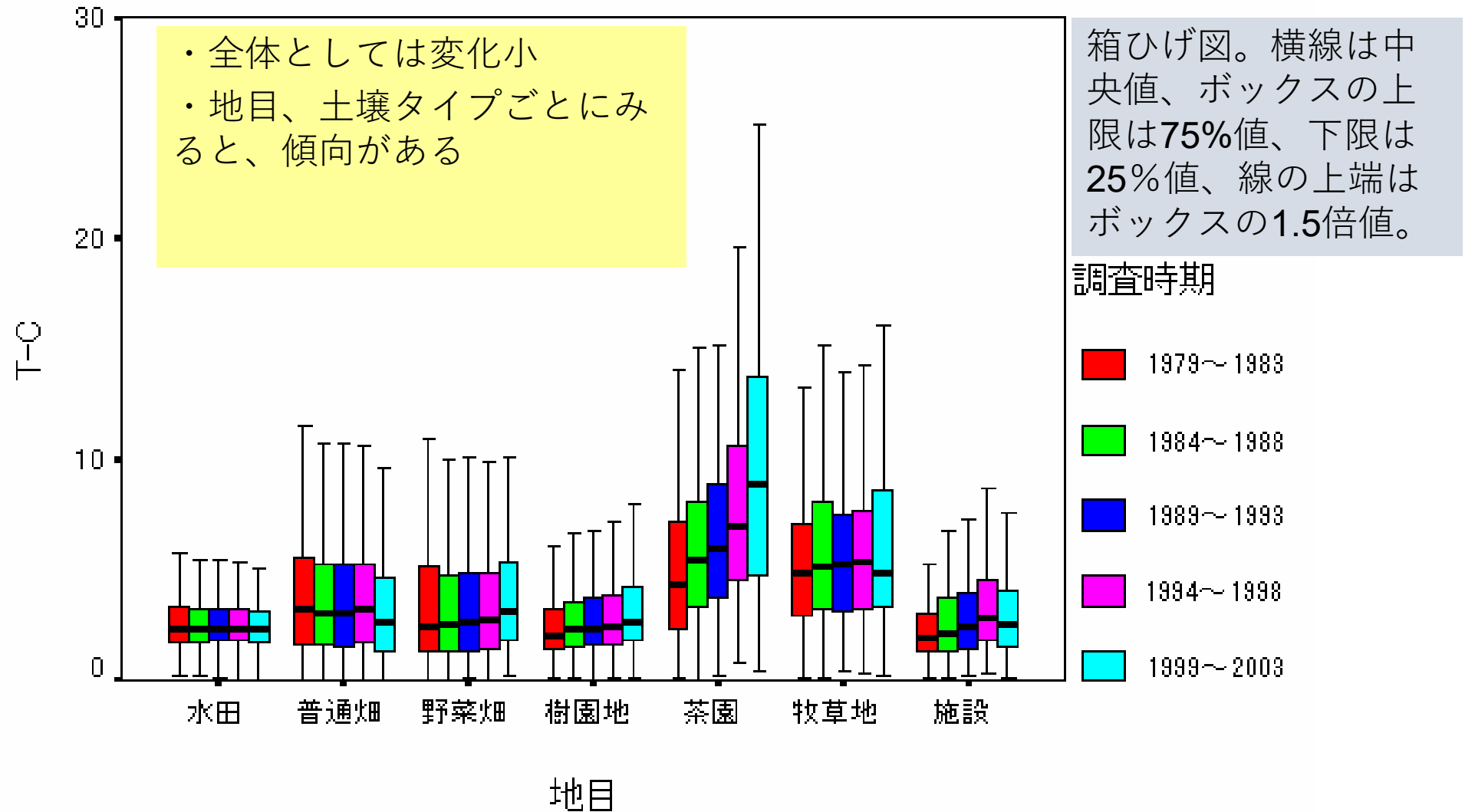


耕すことによって、
有機物の分解が促進される。
不耕起では、土壌
炭素が多い。

(金沢、1995)

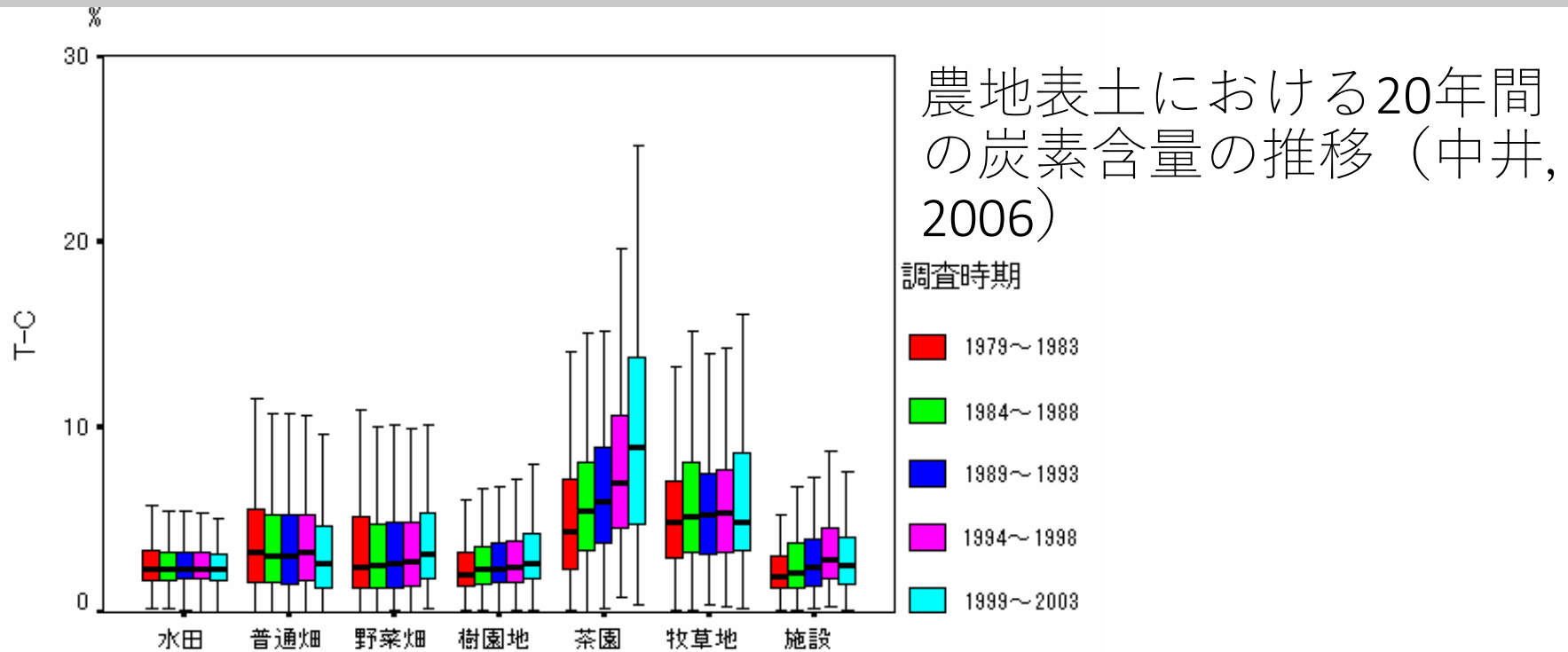
3. 最近の日本の農耕地土壌の炭素の変動実態

農水省の事業「土壌環境基礎調査・定点調査」のデータ(約2万点の農地表土)を解析



農地表土における20年間の炭素含量の推移 (中井, 2006)

3. 最近の日本の農耕地土壌の炭素の変動実態



水田：横ばい

普通畑：減少傾向

野菜畑、樹園地、茶園、牧草地、施設：増加傾向

水田では湛水のため有機物分解が抑制
←堆肥施用量が減少

←有機物施用量が水田・畑よりも多い。

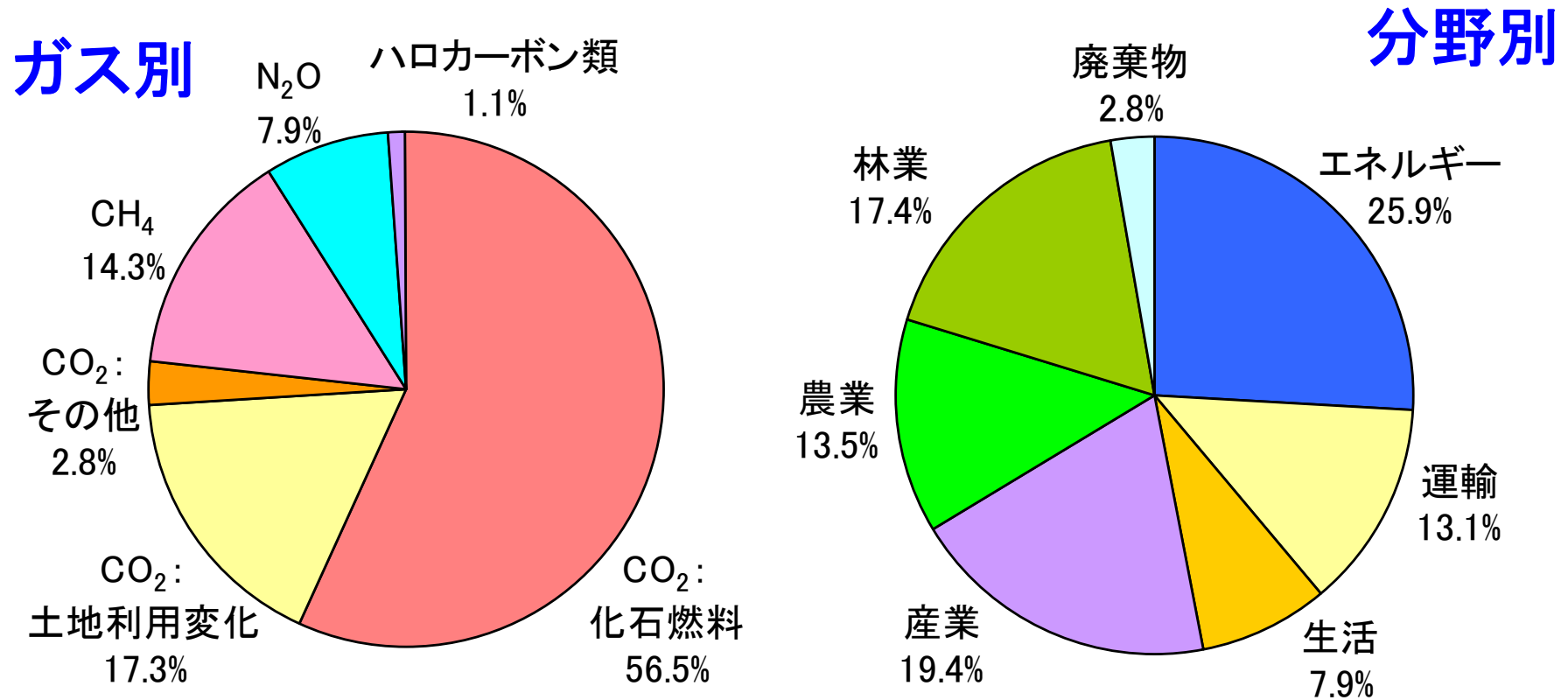
←樹園地・牧草地では耕起をしない

←茶園は低pHのため有機物分解が抑制。

メタン

世界の温室効果ガス排出量内訳(2004年)

IPCC AR4(第4次報告書)



●農業と林業の合計は全体の約1/3

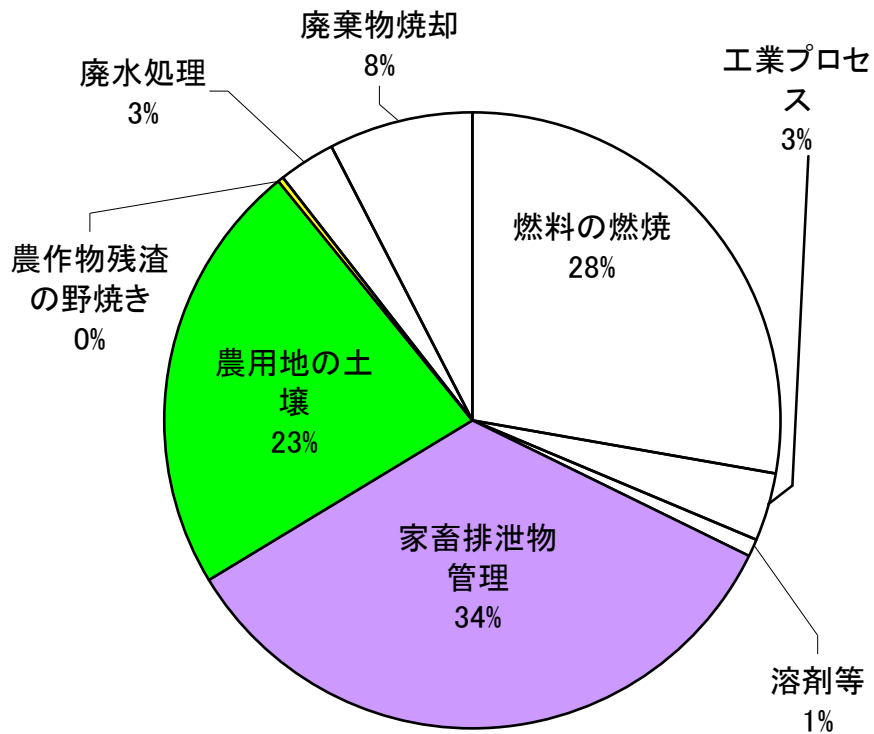
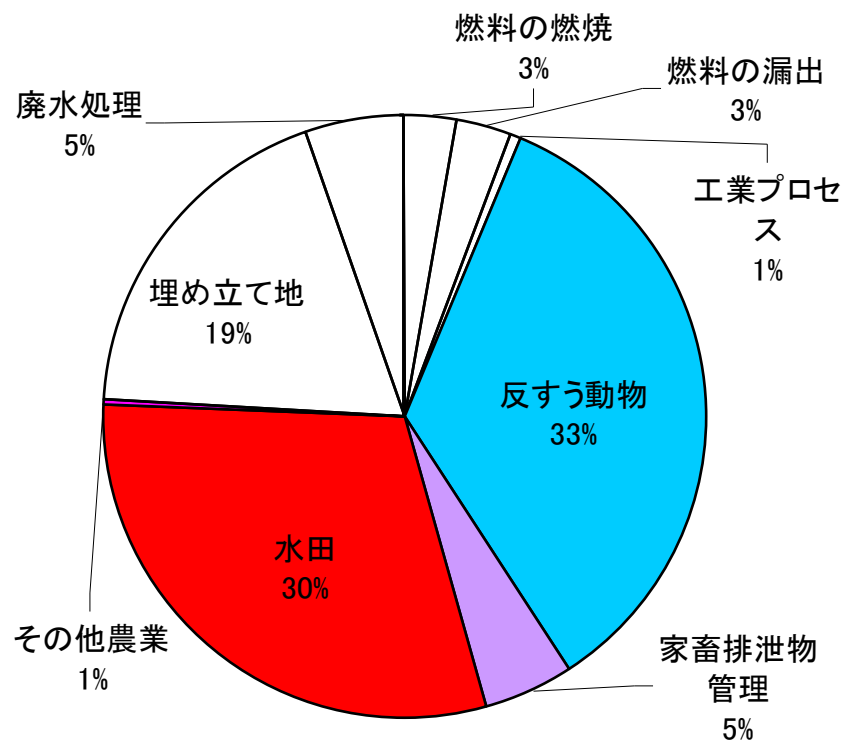
CO₂の平均増加率(2002-2011)は3.2%だった。2013年のAR5報告によると、CH₄はAR4より5%、N₂Oは6%増加したとされる。

わが国のインベントリにおける CH₄とN₂Oの排出源の内訳

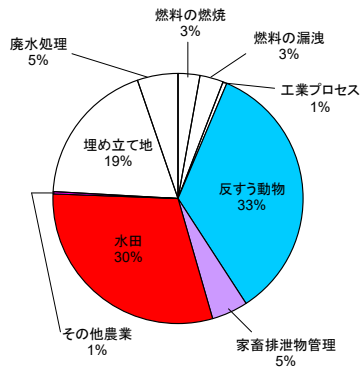
色付きは農業分野の排出源

CH₄:92万トン
(CO₂換算:1,929万トン)

N₂O:7.2万トン窒素
(CO₂換算:3,462万トン)



水田からのメタン発生



わが国の人為的メタン発生

CH_4 : 92万トン

(CO_2 換算: 1,929万トン)



チャンバーを使ったメタン計測

●わが国では、1980年代後半より各地の水田でメタン発生量が計測され、その発生パターンや制御要因が明らかにされてきた。

●1992～94年の農水省事業による全国調査から、土壌タイプ別、有機物投入別のメタン排出係数(6.1～26.8 g/m²/yr)が算定された。

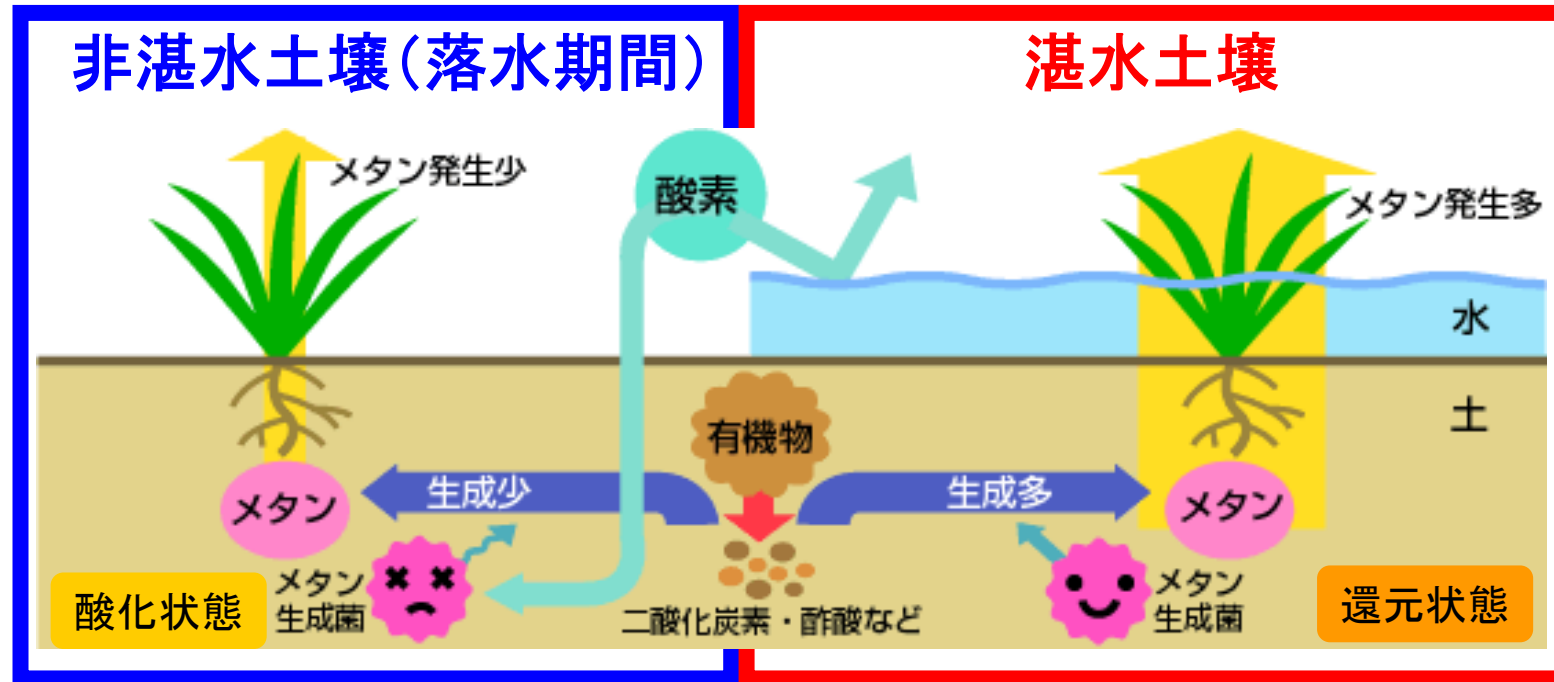
●これらの値をもとに、全国の水田からのメタン発生量が見積もられ、わが国の人為的メタン排出量の30%を占めることが明らかにされた。

●このことから、全国の水田からのメタン発生を抑制する技術の開発とその迅速な普及が求められている。

●その際、水稻生産性と労力・コストに支障のない技術でなければならない。

メタンの発生を抑えるには？

水田からのメタン発生のおくみ



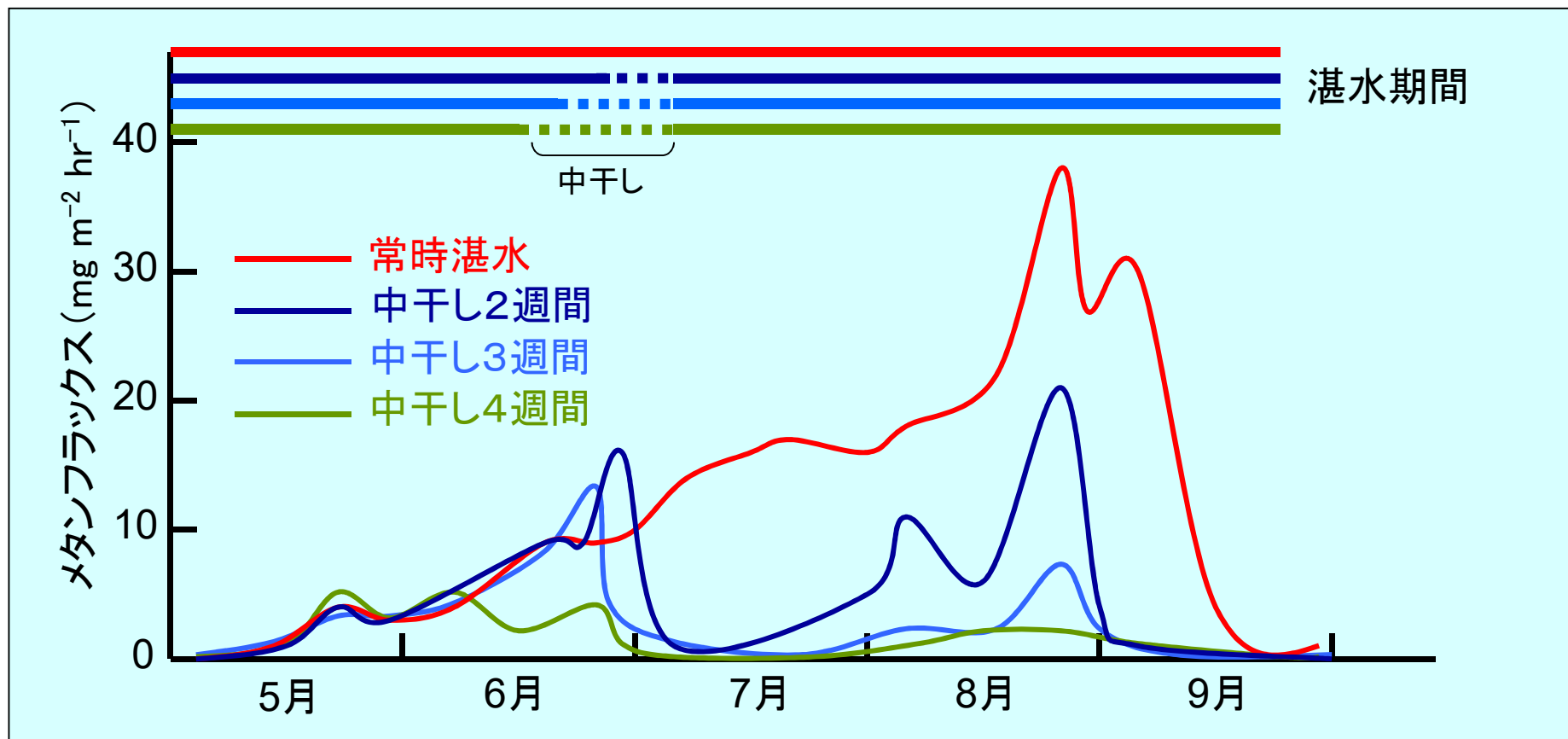
●水田から発生するメタンは、土壌に含まれる有機物や、肥料として与えられた有機物を分解して生じる二酸化炭素・酢酸などから、メタン生成菌の働きにより生成される。

●メタン生成菌は嫌気性であるため、水田を湛水(たんすい)することがメタン生成を促進する。

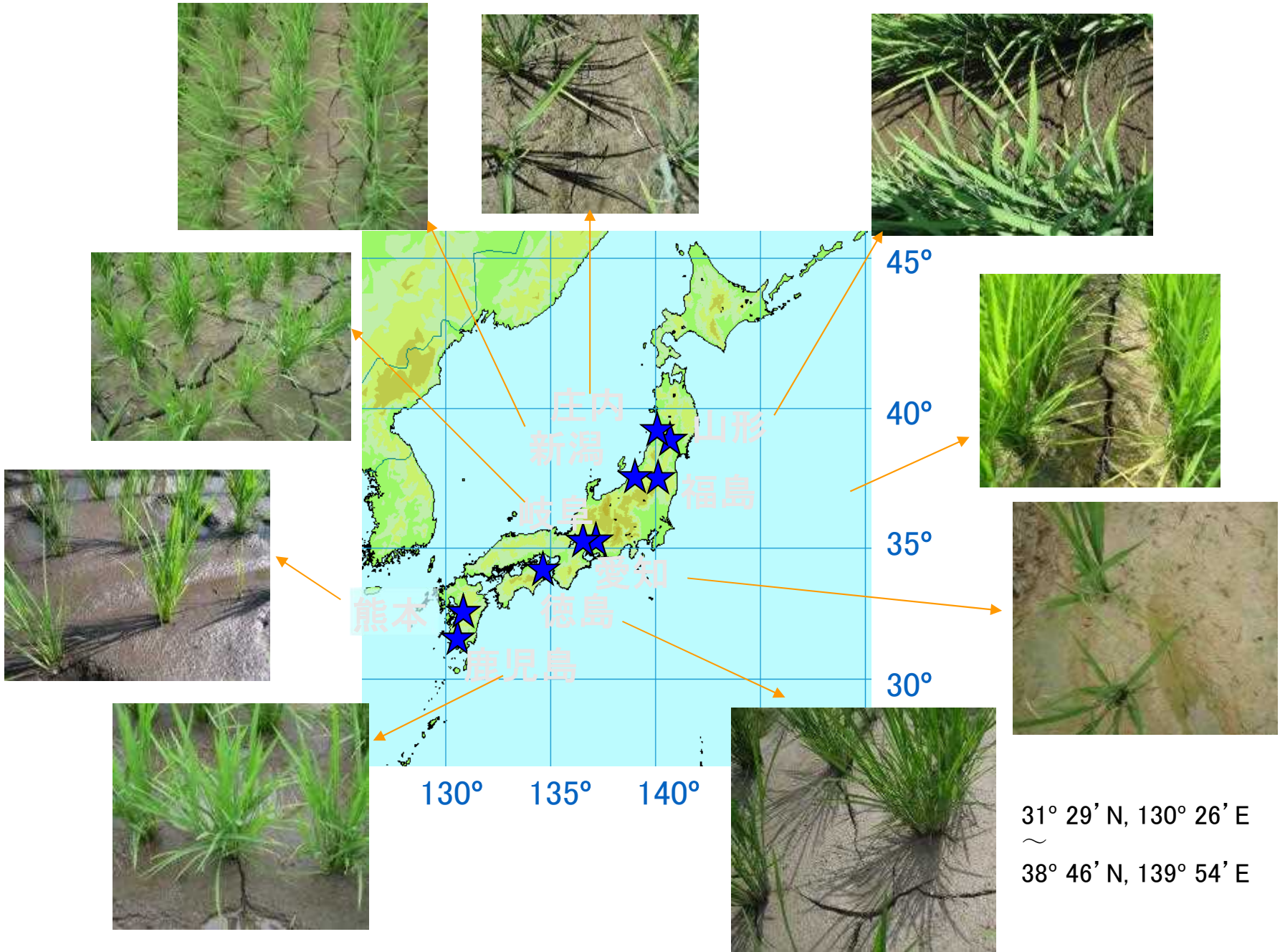
●そのため、メタン発生を制御するには、排水期間を長くする間断灌水(水管理)や、肥料としてすき込む稲ワラを堆肥化しておくこと(有機物管理)などが有効だ。

福島県農業総合センター
水管理による水田からのCH₄発生抑制

●中干しの強化などの水管理の改良も、メタン発生を効果的に抑制できる。



各観測サイトの中干の状況(中干延長区)



水田からのメタン発生 削減ポテンシャルの見積もり

- わが国の水田からのメタン発生量平均値: 約 200 kg/ha
- メタンの温室効果はCO₂の約25倍
→ CO₂に換算した発生量は: 5 t/ha
- これを水管理などで半分に減らせば、その削減量は: 2.5 t/ha



- 自動車からのCO₂排出量(乗用車): 約 200 g/km
- 1年間の走行距離を10,000 kmとすると、
→そのCO₂排出量は: 2.0 t

1 haの水田からのメタン排出削減は、
乗用車1台分のCO₂排出削減に匹敵する。

- 日本のすべての水田からのメタン発生を半減すると、
→CO₂に換算した削減量は: 約 3,000 Gg(約3百万トン)
→京都議定書での削減割合6%のうち、約0.3%分に相当する。

水田由来のメタンを削減する戦略に関する留意点

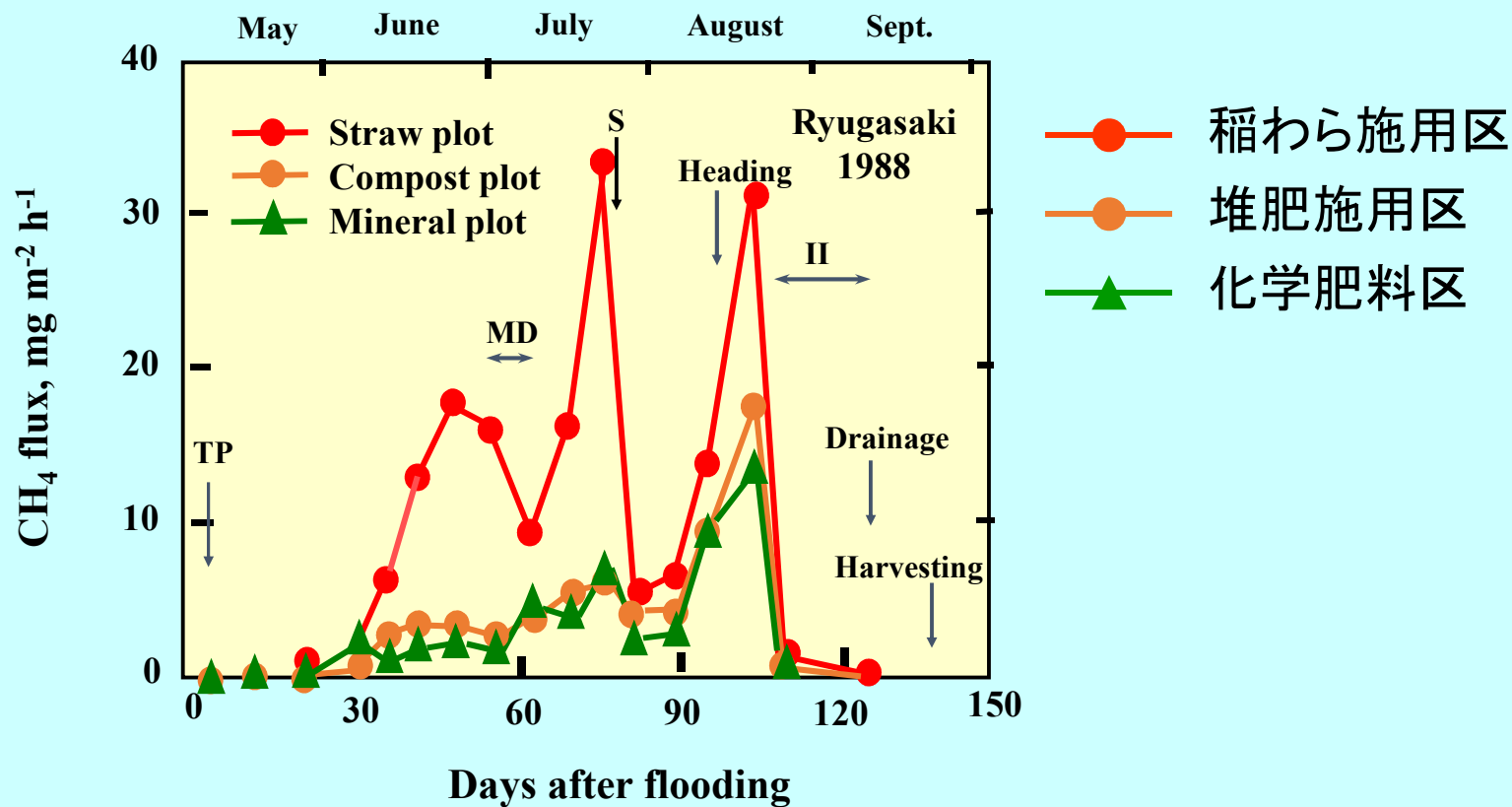
①削減する方法は以下が有力

- ・メタンが発生しやすい時期の水位の調整
- ・メタンに転換しやすい有機物の調整
- ・海外では節水技術との調和も必要

②両立すべき他の課題との関係

- ・水田の水を減らすことでおきる水生生物（とんぼ、カエル、魚等）など生物多様性への影響
- ・有機物を持ち出すことによる土壌炭素、ケイ酸等肥沃度の減耗
- ・ヒ素・カドミウム等重金属の玄米への移行

有機物管理による水田からのメタン発生抑制



● 稲わらを直接土壌にすき込むのではなく、堆肥化してすき込むと、メタン発生は大幅に抑制できる。

改訂版

平成20・21年度水田土壌由来温室効果ガス計測・抑制技術実証普及事業

【地球温暖化対策】

水田メタン発生抑制のための
新たな水管理技術マニュアル

環境にやさしい水田水管理



平成24年8月

(独) 農業環境技術研究所

本研究で得られた成果を
まとめた技術マニュアルを
農業環境変動研究セン
ターWEBサイトにおいて公
開。

水田メタン発生抑制のための
新たな水管理技術マニュアル
(改訂版) (2012年8月)

<http://www.niaes.affrc.go.jp/>

からダウンロードできます。

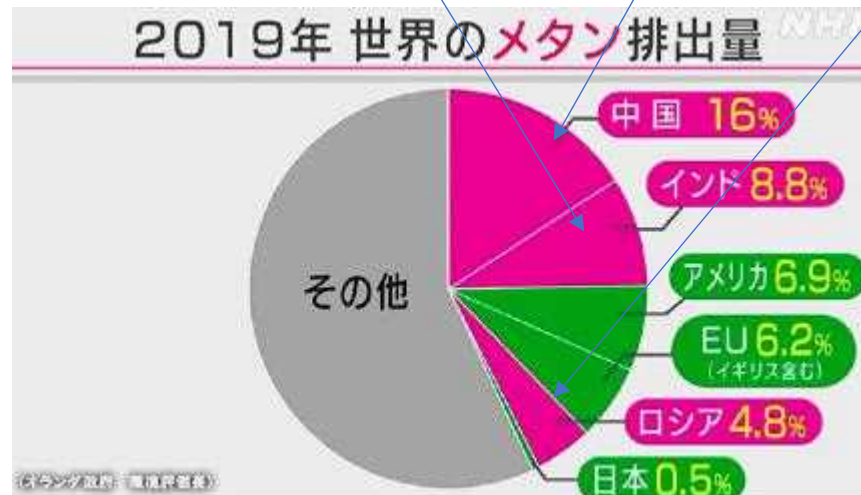
2021年11月3日 NHK報道

COP26 「メタン」の排出削減へ 国際的な枠組みが発足

イギリスで開催されている気候変動対策の会議「COP26」で二酸化炭素の20倍以上の温室効果があるとされる「メタン」の排出削減に向けて、国際的な枠組みが発足しました。2030年までに少なくとも30%削減する目標を掲げることで一致しました。日本を含む97の国と地域が参加しました。一方、排出量が多い中国やロシア、インドなどは入っていません。

2019年の世界全体のメタンの排出量は、二酸化炭素に換算しておよそ98億3000万トン、地域別では、アメリカが6億8000万トン（6.9%）、EU＝ヨーロッパ連合が6億1000万トン（6.2%）となっています。日本の排出量は5000万トンで、世界全体の0.5%の水準です。

一方、世界で最もメタンの排出量が多い中国は16億2000万トンで、世界全体の16%を占めています。2番目に多いインドが8億7000万トン（8.8%）、さらにロシアは4億8000万トン（4.8%）となっています。これら3か国でおよそ3割を占めますが、今回の国際的な枠組みには加わっていません。枠組みでは今後、排出削減の具体的な対策を検討することになっています



本日の話題

1. 大気中の温室効果ガスのこと
2. ゼロエミッションへの考え方
3. カーボンニュートラルの農業とは

地球の内部に、二酸化炭素を貯留する技術について

1. CCS技術（CO₂を地中に送気して地下に貯留）
2. 林業（森が光合成によってCO₂を吸収）
3. バイオ炭（バイオマスを炭化して土中で貯留）
4. ブルーカーボン（海洋生物によるの二酸化炭素の取り込み）

課題：

「森林のCO₂吸収」または「ブルーカーボン」について文献を調べてA4（両面）1枚程度のレポートを提出してください

炭素回収・貯留技術 (Carbon dioxide Capture and Storage, CCS)

表1 主なCO₂分離・回収方法

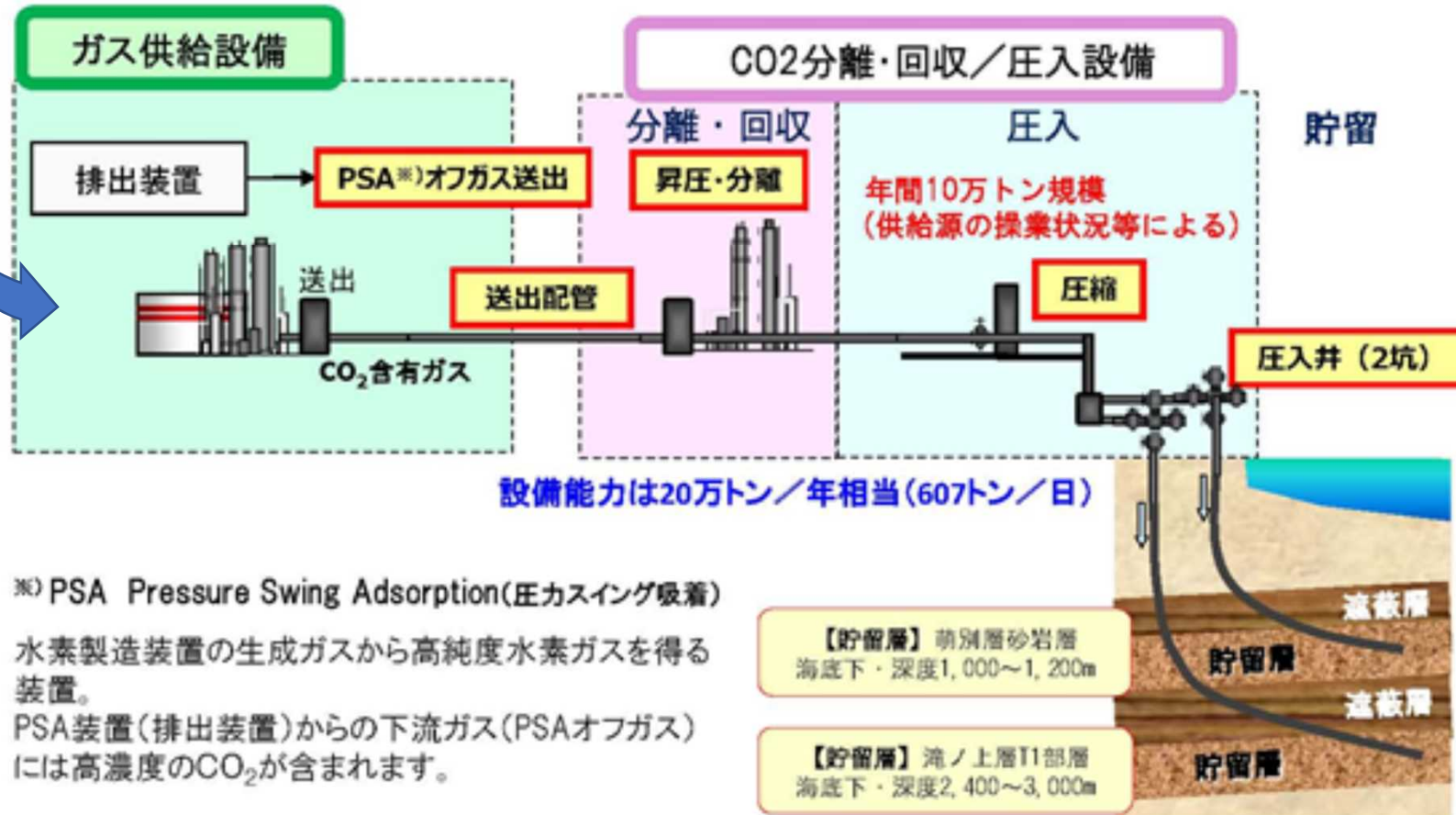
技術名	技術の概要
化学吸収	CO ₂ を選択的に溶解できるアルカリ性溶液との化学反応によって、CO ₂ を分離します。吸収されたCO ₂ を取り出す際には多量の蒸気が必要です。アルカリ性溶液として、アミンや炭酸カリ水溶液などが使われます。
物理吸収	高圧下でCO ₂ を大量に溶解できる液体に接触させ、物理的に吸収させます。その後、減圧（加熱）してCO ₂ を回収します。
膜分離	多孔質の気体分離膜にガスを通し、孔径によるふるい効果や拡散速度の違いを利用してCO ₂ を分離させます。
物理吸着	ガスを活性炭やゼオライトなどの吸着剤と接触させて、その微細孔にCO ₂ を物理化学的に吸着させ、圧力差や温度差を利用して脱着させます。
深冷分離	ガスを圧縮冷却後、蒸留操作により相分離でCO ₂ を分離します。

国立環境研究所「環境展望台」より引用

<https://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=27>

CCS研究開発・実証関連事業/苫小牧におけるCCS大規模実証試験

BE (Bio-Energy)CCSとは、CCS技術で貯留するCO₂の供給源をバイオ燃料の燃焼由来のCO₂にすること。**BECCS**によってネガティブエミッションが実現可能



苫小牧におけるCCS大規模実証試験での

CO₂注入量合計 = 30万トンCO₂/3yr ≈ 0.08PgC/3yr ≈ 0.027PgC/yr

2016-2019

農林水産業のうち農業分野でのみどり戦略の目指す姿



1. 農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現
2. 低リスク農薬への転換、総合的な病虫害管理体系の確立・普及
化学農薬使用50%低減（リスク換算）
3. 輸入原料・化石燃料起源の化学肥料使用を30%低減
4. 有機農業の取り組み面積割合25%に拡大（100万ha）
5. 食品製造業の労働生産性3割向上
6. 持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す



参考

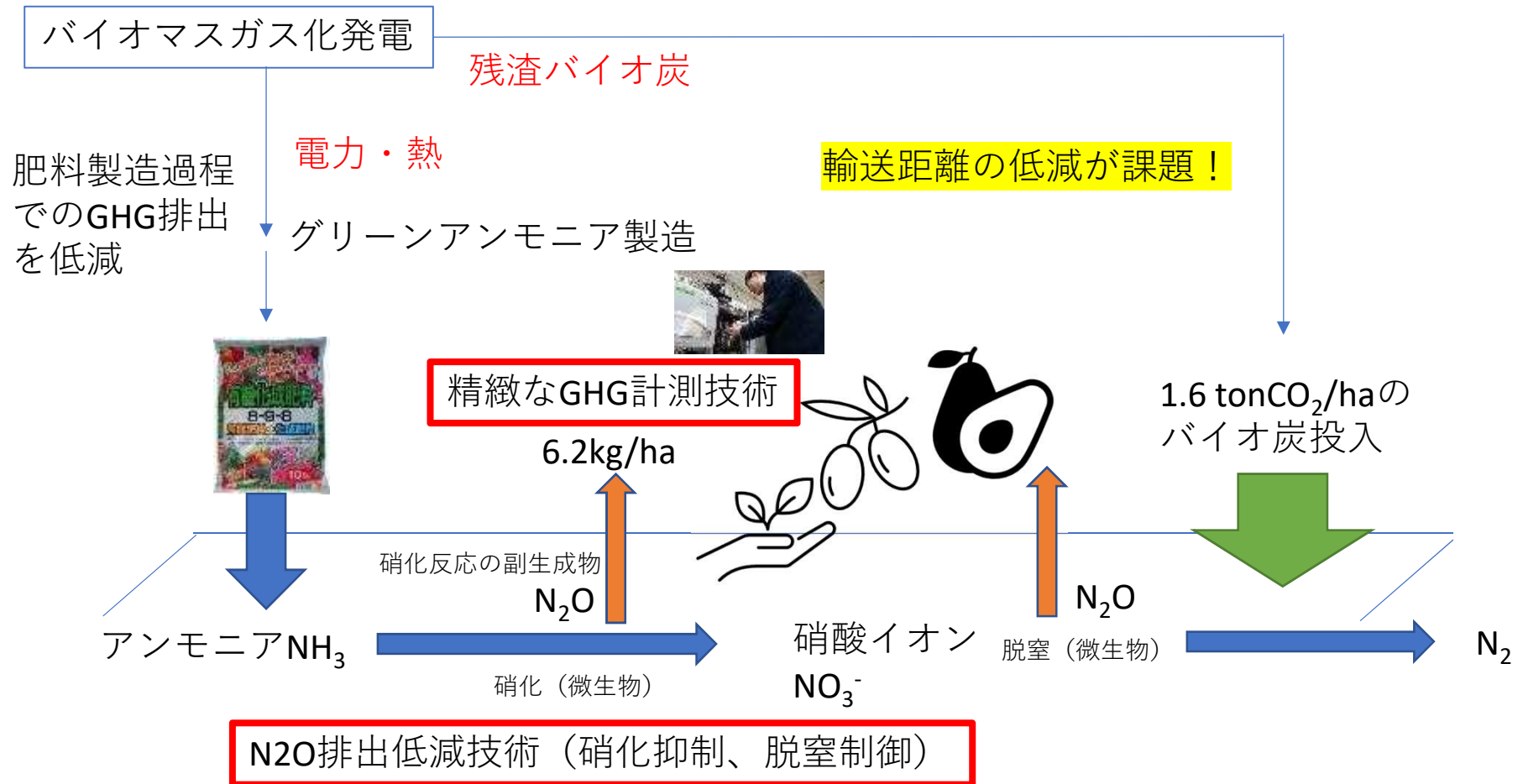
- EUのFarm to Fork戦略（2020.05）2030年までに化学農薬使用・リスクを5割減
- 米国の農業イノベーションアジェンダ（2020.02）2050年までに農業生産量4割増、CFP半減

本日の話題

1. 大気中の温室効果ガスのこと
2. ゼロエミッションへの考え方
3. カーボンニュートラルの農業とは

普通畑・果樹園で描くゼロエミッション

ビジネスモデル：バイオマスガス化発電、グリーンアンモニア製造、バイオ炭施用農地をセットにした営農コミュニティの創出。



施設栽培で描くゼロエミッション

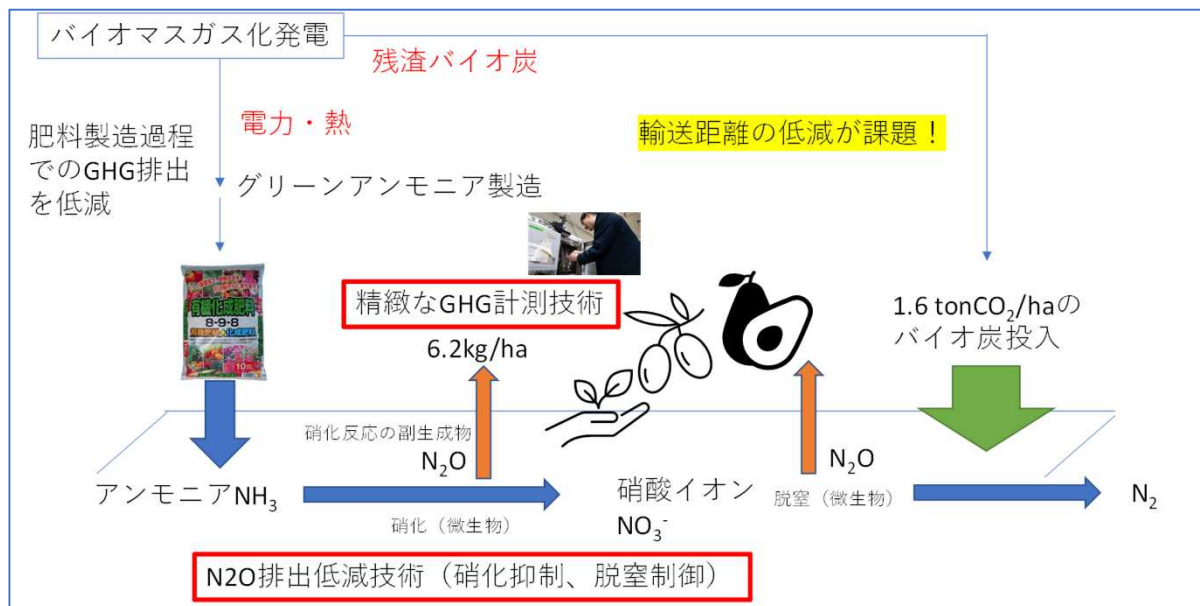
GHGバランス

施設栽培では、穀物、野菜などが土壌水分不飽和の状態で作られる。年中、ほぼ同一の気温、湿潤条件が保たれ、そのために化石燃料が使用される

→ CO₂ = +、N₂O = +、CH₄ = ±0あるいはわずかに-

ハウス栽培の場合は、「ガス化発電」で排出されるCO₂の一部をハウス内に戻すことで、CO₂施肥に活用できる

CO₂施肥：栽培空間のCO₂濃度を上昇（大気濃度の2倍700ppm程度）させることで、光合成を活性化させ、作物生産量を増大する技術。現状ではCO₂はボンベ等で供給している。



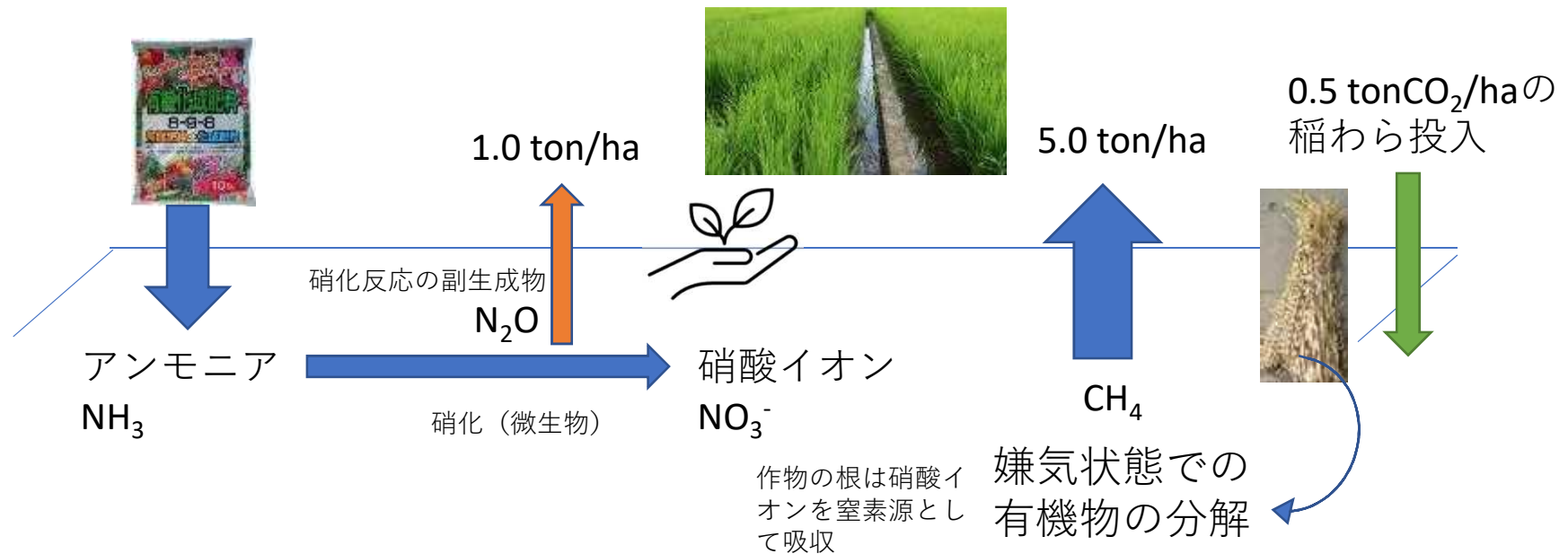
水田で描くゼロエミッション（現状）

GHGバランス

水田では、湛水によって土壌が還元状態になる。メタン生成菌が活性化してメタンを放出。
N₂Oの放出は軽微だが、合計で6 ton/haの排出

→ CO₂ = 0、N₂O = +、CH₄ = + (6 t CO₂/ha)

水田の場合は、湛水中に排出されるメタン（CH₄）は1ヘクタールあたり5トンに及ぶ。



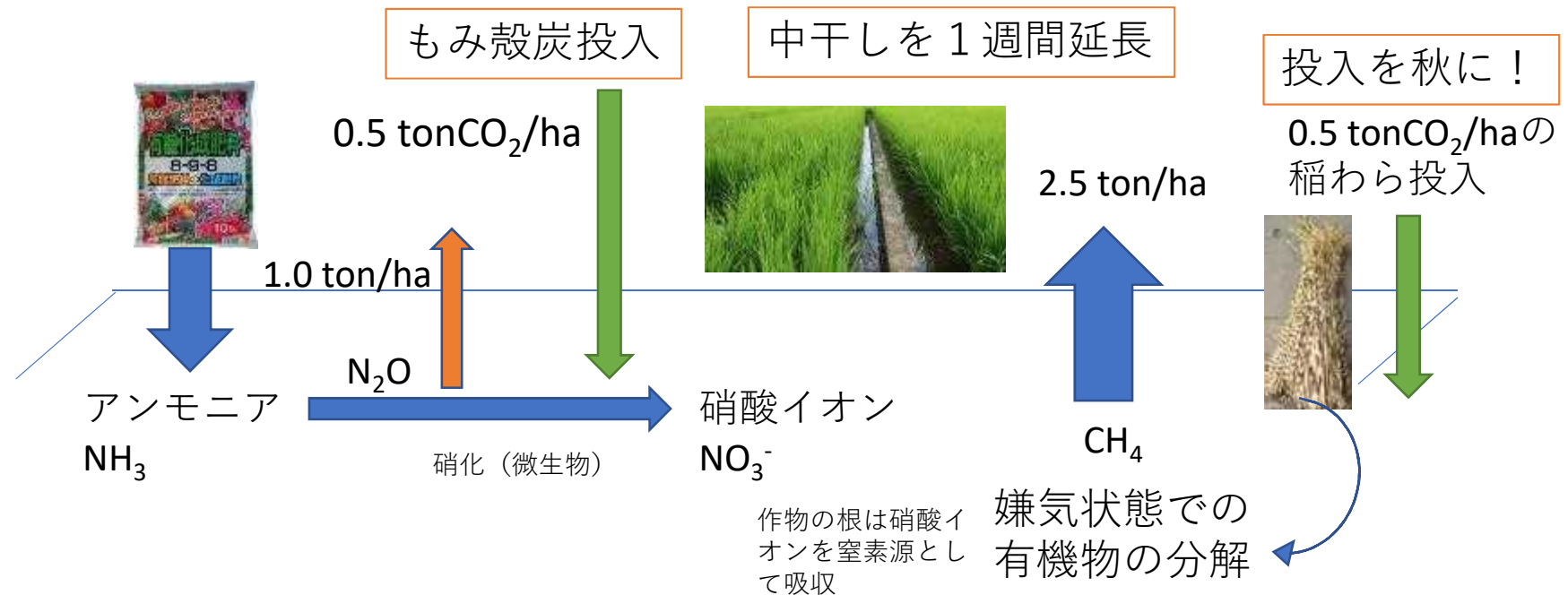
水田で描くゼロエミッション（改善案）

GHGバランス

- ・ 水田では、湛水によって土壌が還元状態になる。メタン生成菌が活性化してメタンを放出。
- ・ 中干し1週間延長と稲わらの秋漉き込みでメタン放出量を半減(5.0→2.5ton/ha)。
- ・ もみ殻炭(0.5ton/ha)投入で炭素貯留（マイナス）。
- ・ N₂Oの放出(1.0ton/ha)は軽微だが、差し引き合計で3.0 ton/haの排出

→ CO₂ = 0、N₂O = +、CH₄ = + (3.0 t CO₂/ha)

水田の場合は、ゼロエミッションへの到達は難しいが放出量を半減までは可能。



有機物の制御に関する一考察

稲わら、もみ殻、ケイ酸資材として機能する。これはいもち病防除の観点からも重要

籾殻の低温燃焼による高溶解性ケイ酸質肥料資材化

(農研機構・中央農研) 研究期間:2001~2005年度

籾殻は国内で年間約200万トン生産され、カントリーエレベータなどへ集められる乾燥バイオマスという有利な特徴がある。しかし高温下ではクリンカー(固まりとなった燃えかす)が生じて運転上の障害になり、完全燃焼が難しい。また20%余りの灰分の廃棄が大きな障害となって、籾殻のエネルギー利用は一般化しそこで燃焼条件と灰の特性の関係の解明によって、籾殻のエネルギーと灰を有効に利用する技術を開発されていない。

表1 籾殻灰の組成分析例

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	灼熱減 %	Cu ppm	Zn ppm
95.0	0.04	0.04	0.45	0.24	0.18	2.25	<0.01	<0.01	0.16	0.35	1.35	1	15

注意点



稲わら、籾殻などはケイ酸(SiO₂)成分含有量が高いため、高温燃焼によって炉内にガラス質が生じ、炉を傷める。
また、この過程でクリストバライト等有害物質を生じる

③⑩ゲノム編集等バイオテクノロジーの応用

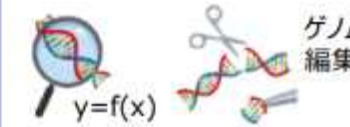
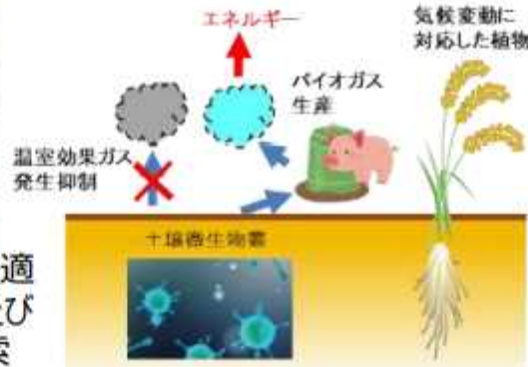
スーパー作物

光合成能力の高いC₄植物等における、CO₂吸収、環境適応性のメカニズム解析



高バイオマスC₄植物
エリアンサス

CO₂吸収能、環境適応性の高い植物及び有用微生物の探索



CO₂吸収や環境適応性に優れたスーパー植物



バイオテクノロジーによる育種、選抜、活用促進技術の開発・適用

GHG抑制微生物
製品・資材



③⑪バイオマスによる原料転換技術の開発

高機能バイオ製品*

備蓄・
利用



生分解性バイオプラスチック



熱に強い有機ガラス

*写真は、理化学研究所から提供、JST-ALCAパンフレットから引用されたもの

③⑫バイオ炭活用による農地炭素貯留の実現

バイオ炭



バイオ炭による農地炭素貯留ポテンシャル

- バイオ炭は、長期（100年単位）にわたって難分解炭素として土壤中に残存し、**CO₂吸収量は**バイオ炭の種類ごとに異なる「**炭素含有率**」と「**100年後炭素残存率**」の積に依存
- バイオ炭の国内の**CO₂吸収ポテンシャルは約1,400万t/yr**
 ※農業分野のGHG総排出量の**約4割**に相当

バイオ炭の農地施用による年間CO₂吸収量の試算

	利用可能量 (万t)	炭化物収量 (%)	炭化物炭素 含有率	100年後炭 素残存率	CO ₂ 吸収量 (万t)
木材（林地 残材等）	750	40	0.77	0.89	763
竹	256	27	0.439		113
稲わら	751	50	0.49	0.65	439
もみ殻	200	50	0.49	0.65	117
合計					1,432

CO₂吸収量（万t）＝利用可能量×炭化物収量×炭素含有率×100年後残存率×44/12（CO₂換算）

- 日本のGHG総排出量（2020）＝115,000万tCO₂/yr
- 農業分野のGHG総排出量（2020）＝3,000万tCO₂/yr（CH₄＋N₂O）

※ 苫小牧におけるCCS大規模
実証試験でのCO₂注入量合計
＝10万tCO₂/yr

バイオ炭製造技術の開発・利用

- 対象地域、賦存量、バイオマス種に応じて、コスト、効率性から**最適なバイオ炭製造方法を選択**する必要
- **収率向上、コスト低減**が課題 ※木質では乾燥工程の速度とコストが要点

項目	炭化炉	適用バイオマス	メリット	デメリット
炭化技術	①ロータリーキルン ②ガス化発電炉	もみ殻、竹、木質等 もみ殻・木質	連続運転による大量処理 原料供給が容易・発電・大量処理	導入コストが高い "
	③平炉 ④モキ式無煙炭化器	もみ殻、竹、木質等 竹、木質等	低コスト、炉が長寿命 可搬性、小ロット向け	大量処理に不向き "
前処理技術 (木質の乾燥)	①低温ベルトドライヤー ②ロータリードライヤー ③太陽熱乾燥	木質 木質 木質	安価な連続乾燥 高速連続乾燥 熱源不要・運搬のみ	時間がかかる 熱源が必要 時間がかかる

収率向上・コスト低減が課題



①ロータリーキルン



②ガス化発電炉



③平炉式炭化器



④モキ式無煙炭化器

バイオ炭の高機能利用による農家の意欲向上

- バイオ炭の利用促進には、**バイオ炭による農業生産性機能の向上が重要**
 - ※焼成温度によって、バイオ炭の機能性は制御可能
 - ※バイオ炭と**有用微生物**などを組み合わせることにより高機能化
- バイオ炭の高機能化により、バイオ炭の**施用量拡大**、**土壤炭素貯留促進**が期待

バイオ炭の焼成温度と機能性の関係

原材料	焼成温度	保水性改良	保肥性改良	土壤酸性改良	NO ₃ ⁻ 吸着
木質チップ	400℃	○	◎	×	×
	800℃	○	×	△	○
孟宗竹	400℃	○	◎	△	×
	800℃	○	×	◎	○
もみ殻	400℃	△	◎	△	×
	800℃	△	×	◎	△
サトウキビバガス	400℃	◎	×	×	×
	800℃	◎	×	△	△

バイオ炭の理化学性は原料や焼成温度によって大きく異なる

バイオ炭の高機能化（例）

有用微生物（菌根菌）との組み合わせ
菌根菌少 菌根菌多



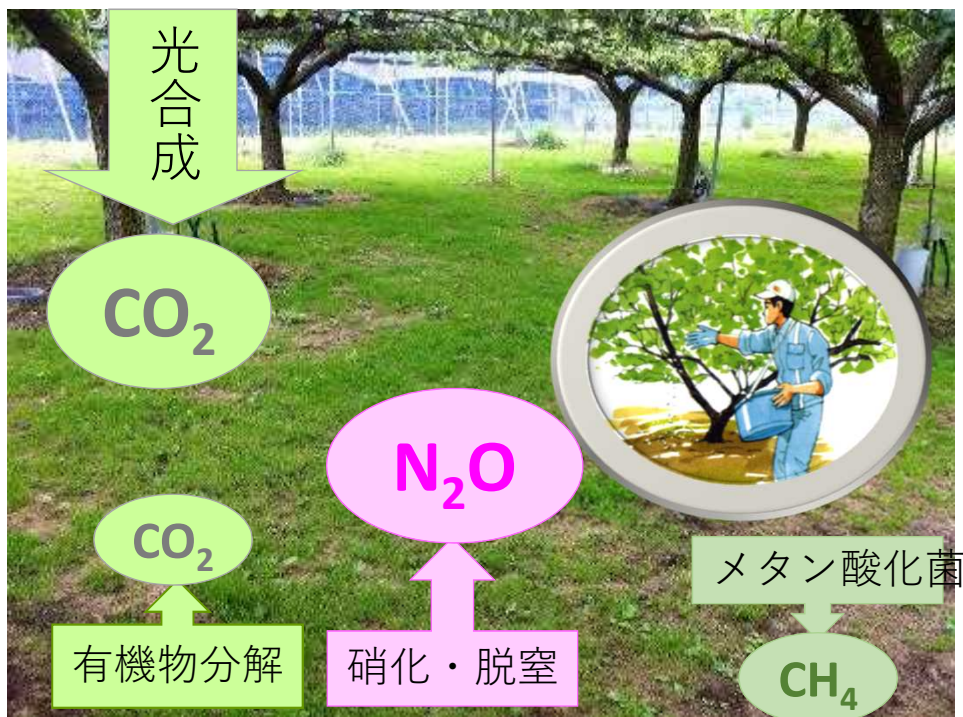
※写真はバイオ炭不施用、前作の効果で菌根菌数が異なる圃場間でのタイズ生育の差

バイオ炭の高機能化による**生産性向上**
活用範囲、**施用量が拡大**
土壤炭素貯留が促進

その他、作物残渣や菌体のバイオマスの土壤還元による土壤炭素増大も見込まれる

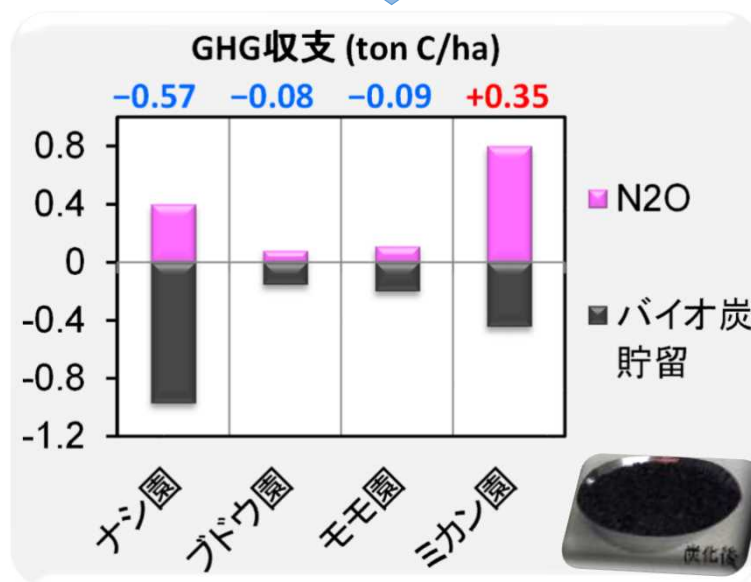
②【炭化ポテンシャル試算】果樹園におけるバイオ炭の効率的活用とGHG評価(試算例:ニホンナシ、ブドウ・モモ、カンキツ)

果樹園における温室効果ガスの経路



【GHG試算（農機燃料以外）】

CH₄吸収は小さい
N₂O排出は施肥量Nの1%



バイオ炭は果樹園地をGHG排出から吸収へ転換させる

バイオ炭を活用した滋賀・三重社会実装モデル

環境こだわり農産物（滋賀）

農産物出荷

残渣の発生

籾殻をコント
リーエレベ
ータで集積



畜産敷材
鈴鹿ポートリー（有）・近江牛・松阪牛
鈴鹿市等



水稲・小麦
大豆生産



- ・ 土壌炭素貯留
- ・ N2O削減
- ・ いや地回避



水田への

堆肥・肥料施用（三重、滋賀）

炭化



バイオ炭の焼成
ヤンマーエネルギー
システム（株）
米原市



肥料メーカー等
による原料回収

肥料ルート



バイオ発電および
籾殻炭の製造

炭入り混合堆肥複
合肥料・朝日工業
株式会社関西工場



臭気

炭による畜舎
悪臭の回収



卵・肉生産
ふん

土壌改良材
ルート

窒素高付加
堆肥



堆肥



ペレット化

地域内流通



炭肥料の広域流通



バイオ炭農地炭素貯留の社会実装

- **生産、流通、消費それぞれの過程で、バイオ炭活用のインセンティブを形成し、相互につながりをもつことで持続可能な社会システムの構築に貢献**
- 排出量の国連報告に反映することを通して科学的根拠のあるエコブランドを普及

1 生産者

- ・未利用農産廃棄物の再資源化
- ・炭素貯留の**Jクレジット化**による収益
- ・「クルベジ野菜」など**エコブランディング**
- ・JAS有機へのバイオ炭活用
- ・**環境保全型農業直接支払交付金**の活用

2 流通・小売業者

- ・**トレーサビリティの確かな商品**の取り扱い
- ・地産地消価値の訴求
- ・自社のカーボンオフセットへの活用
- ・Science Based Target(SBT)認定

3 消費者

- ・トレーサビリティの確かな商品の入手
- ・環境価値と市場価格（値上げなし）の両立

4 自治体

- ・ゼロエミッションタウンの実現

バイオ炭活用の経済的インセンティブ



Jクレジット

日本国が運営するカーボンオフセット制度



企業協賛金に基づくCO₂隔離支援ファンド

環境保全型農業直接支払交付金

「農業の有する多面的機能の発揮の促進に関する法律」に基づく日本型直接支払制度

日本国温室効果ガス排出量算定に反映

CO₂吸収量をUNFCCC 国連気候変動枠組み条約事務局に報告

本日のまとめ

1. 現状では日本の農業分野の温室効果ガス排出量は、総排出量**12億トン**のうち、**2000万トン**程度（**2%**程度）に過ぎない
2. しかし、カーボンニュートラル社会の実現のためには、バイオ燃料も含めたネガティブエミッション施策（**BECCS**など）が求められている。したがって、農業現場でのカーボンニュートラルは必須要素となる。
3. バイオ炭は長期の炭素貯留（つまり、**CO2**の大気中からの隔離）が可能。
4. 水田では畑作以上の温室効果ガスメタンの排出削減へ努力が必要で、このために水管理の精緻化やわらの秋漉き込みなどは重要な要素となる。