

農学会公開シンポ
2026年3月28日

農地における土壌への炭素貯留 と温室効果ガスの排出削減

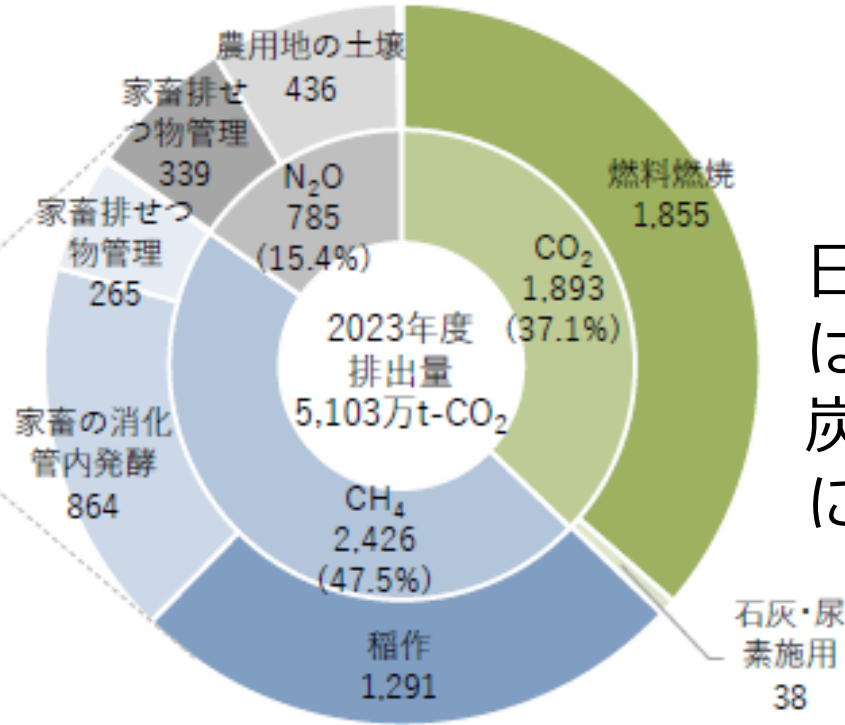
農研機構
農業環境研究部門
白戸康人

日本の農業GHGの現状

日本の総GHG排出量の4.8%が農業分野由来

■ 日本の農林水産分野のGHG排出量

農林水産分野の排出量
5,103万t-CO₂ (4.8%)
(2023年度)



日本では農業の寄与は大きくないが、脱炭素社会実現のために削減は必要。

単位：万t-CO₂換算

* 温室効果は、CO₂に比べCH₄で28倍、N₂Oで265倍。

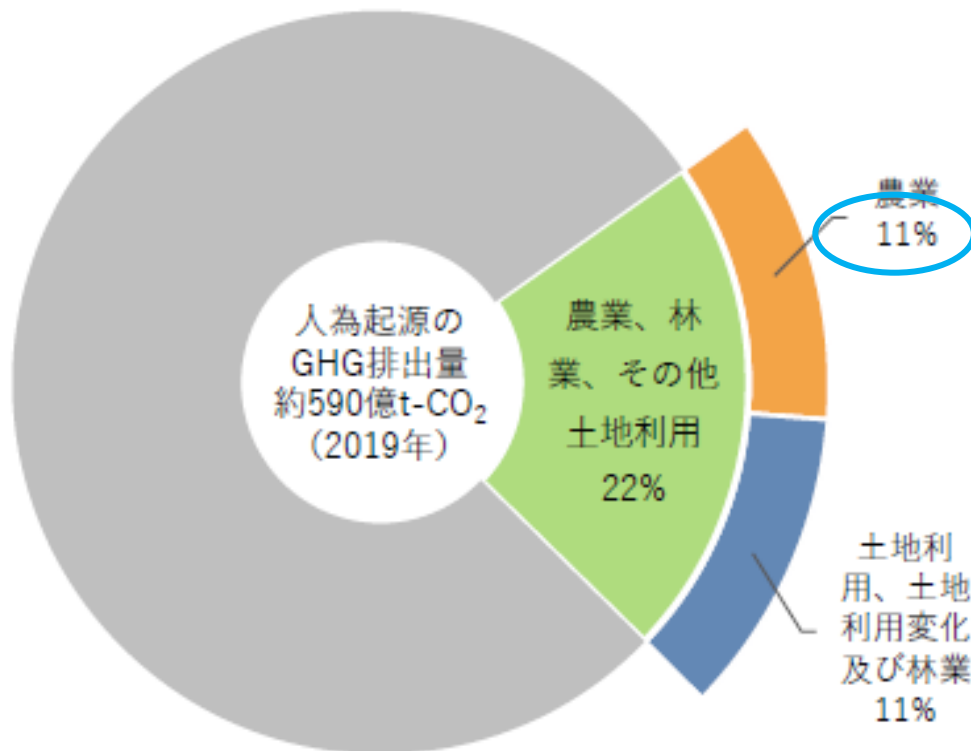
* 排出量の合計値には、燃料燃焼及び農作物残渣の野焼きによるCH₄・N₂Oが含まれているが、僅少であることから表記していない。このため、内訳で示された排出量の合計とガス毎の排出量の合計値は必ずしも一致しない。

出典：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」を基に農林水産省作成

世界では、もっと多い

世界の総GHG排出量の11%が農業分野由来

■ 世界の農林業由来のGHG排出量



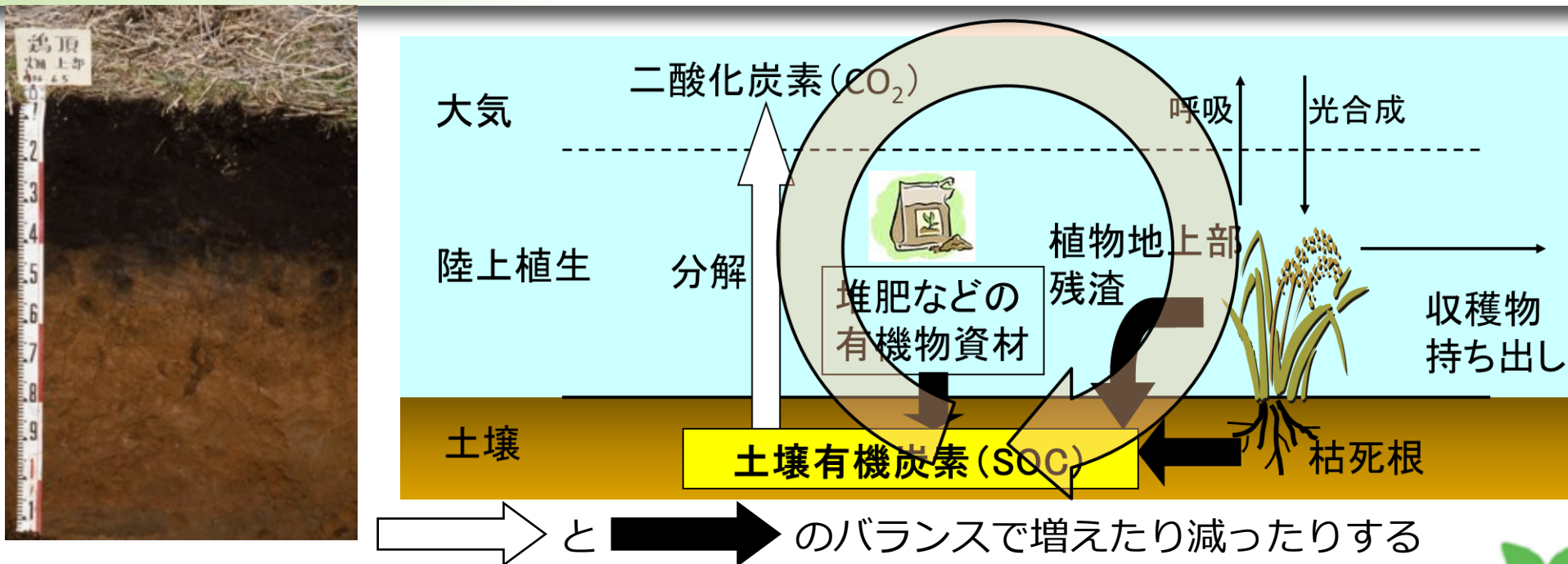
単位：億t-CO₂換算

* 「農業」には、稲作、畜産、施肥などによる排出量が含まれるが、燃料燃焼による排出量は含まない。

出典：「IPCC 第6次評価報告書第3作業部会報告書（2022年）」を基に農林水産省作成

- 削減技術の海外展開による波及効果に期待。
- 日本も世界も、削減が急務。多くの国が2050年ゼロエミッションなど目標を公表。
- ゼロエミッションには、吸収源が必要

土壌への炭素貯留：CO₂削減



土壌への炭素の供給量が分解量を上回れば土壌炭素が増える。
植生部分（作物体）の炭素量は変わらないと考えるので、土壌炭素が増えた分は、大気中のCO₂が吸収されたと考える。



- 地力の維持増進と、気候変動緩和のwin-win
- 排出を減らすだけでなく、吸収（ネガティブエミッション）の可能性

各種大気CO₂除去技術の比較 (IPCC AR6 WG3 Table TS.7を改変)

	TRL*	コスト (USD/ t CO ₂)	削減ポテンシャル (GtCO ₂ /年)
植林、再植林	8-9	0-240	0.5-10
農地への土壌炭素貯留	8-9	45-100	0.6-9.3
泥炭地や湿地の修復	8-9	データ不十分	0.5-2.1
アグルフォレストリー	8-9	データ不十分	0.3-9.4
森林管理の改善	8-9	データ不十分	0.1-2.1
バイオ炭	6-7	10-345	0.3-6.6
DACCS**	6	100-300	5-40
BECCS***	5-6	15-400	0.5-11

農地への土壌炭素貯留：低コストでポテンシャル大

*TRL: Technology Readiness Level (技術成熟度レベル：1が基礎、9が商業化に最も近い)

**DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage)大気からCO₂を分離して濃縮

***BECCS (Bio Energy with Carbon Capture and Storage)バイオマスを燃焼して発電する施設から出るCO₂を地中に貯留するなど

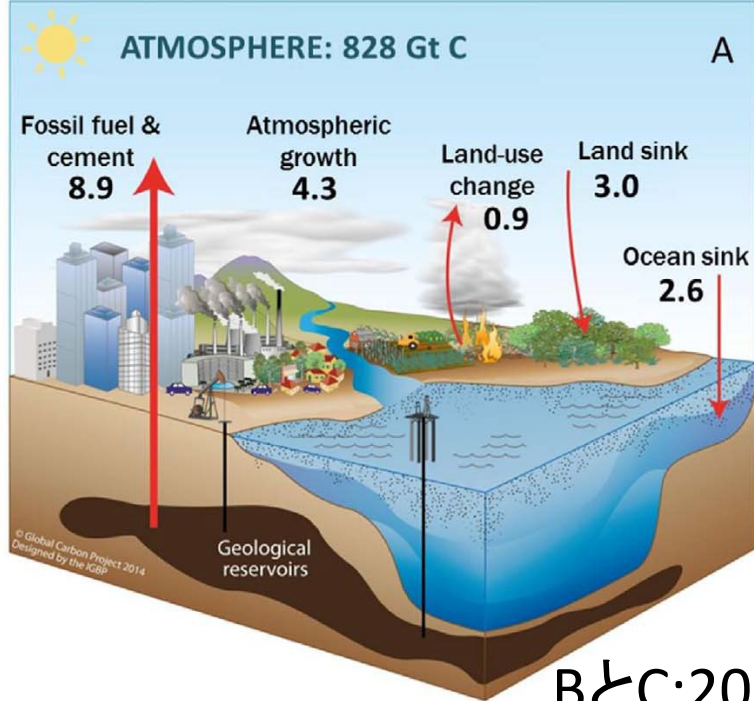
フォーパーミル・イニシアチブ 4 per 1000 initiative

- 2015年11月：COP21（パリ）でフランス政府主導で発足
- 「世界の土壌炭素を毎年0.4%増加させることができれば、大気CO₂濃度の上昇を止められる」という計算
- 土壌有機物管理を改善して温暖化緩和と持続的食料生産を目指す
- 現在、日本を含む700超のパートナー（国、NPOなど）



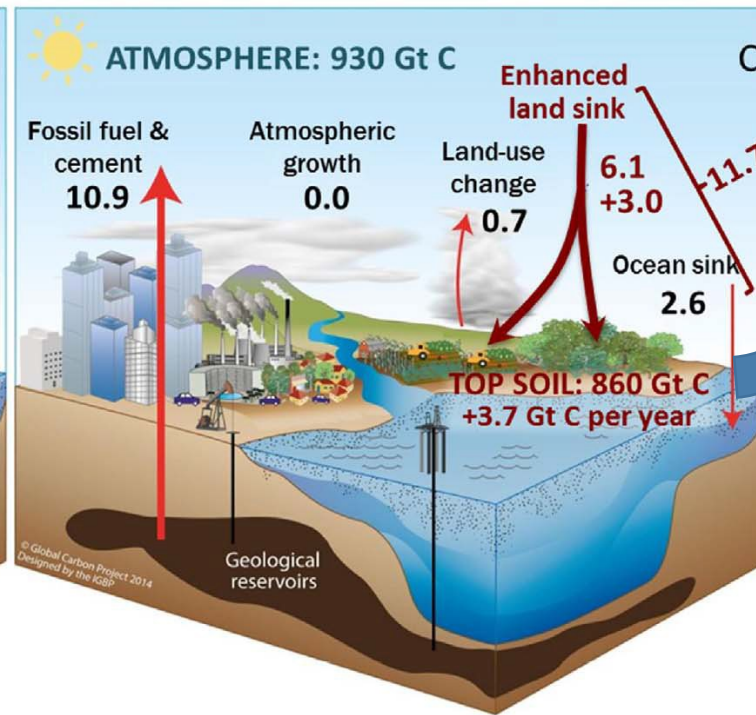
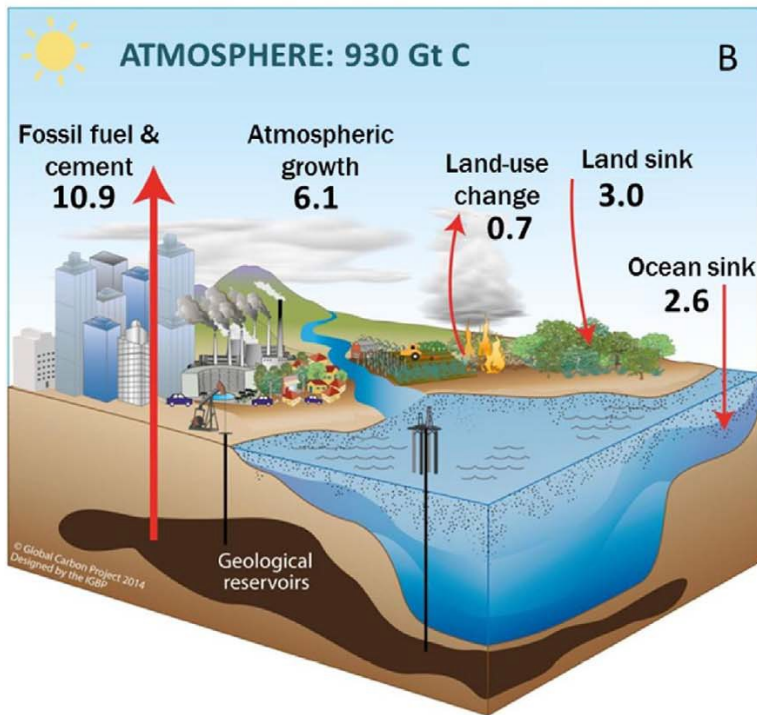


A:2011年の全球の炭素循環



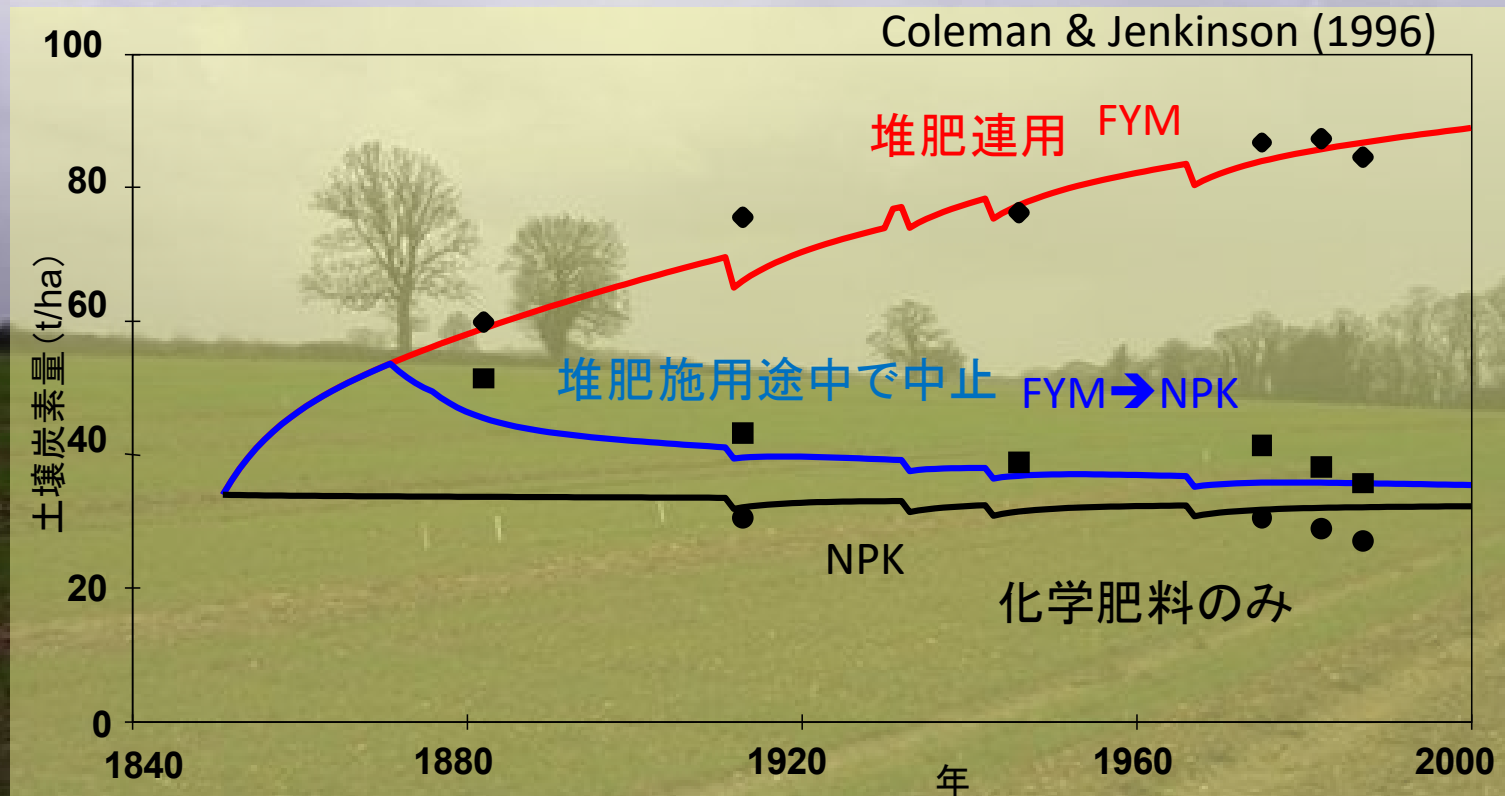
$$3.7/860 \approx 0.004 (4\%)$$

BとC:2030-40年の炭素循環



投入を増やす～たい肥の施用

英国ローザムステッド農業試験場



世界最長の連用試験
1843年開始

Broadbalk winter wheat

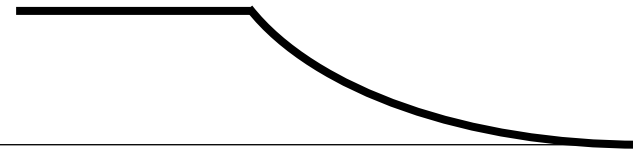
堆肥では注意：leakage/ displacement

Aの畑：堆肥施用量**増加**



土壌炭素量**増加**

Bの畑：堆肥施用量**減少**



土壌炭素量**減少**

- **AだけカウントしてBをカウントしないのはダメ**
- 堆肥賦存量が同じなら、両方カウントすれば、炭素貯留は差し引きゼロ
- **緑肥にはこの心配が無い**（栽培された場所で新たなCO₂固定）



Fig. 6. *Mucuna utilis* (velvet bean), a suitable cover crop for the humid tropics of west Africa, and other cover crops enhance SOC pool.

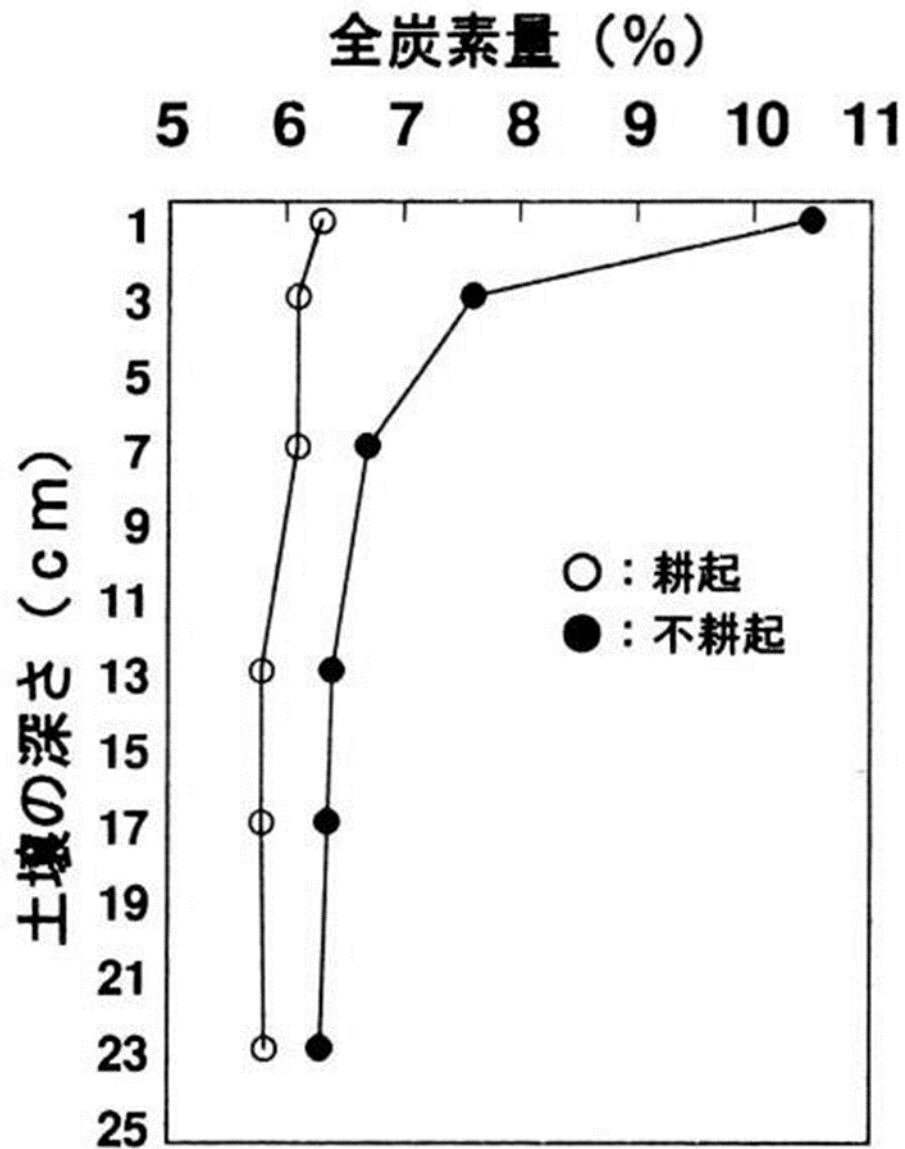
ムクナ（緑肥、マメ科）

バイオ炭（バイオチャー、Biochar）

- 高温低酸素条件で炭化。非常に安定
- 土壌中での有機物の腐植化による安定化とはメカニズムが別
- **IPCC2019改良ガイドライン**で貯留量の算定法が示された
- 2020年、**Jクレジット方法論**「バイオ炭の農地施用」承認。
- この方法論による炭素貯留プロジェクトが全国で13件登録、4件認証（1,505 t CO₂削減/R7.11時点）



例えば、分解を遅くする～不耕起、省耕起栽培



(金沢、1995)

- 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。

不耕起と作物残渣マルチ



Lal (2004)

気候変動緩和だけでなく、持続的な食料生産に貢献

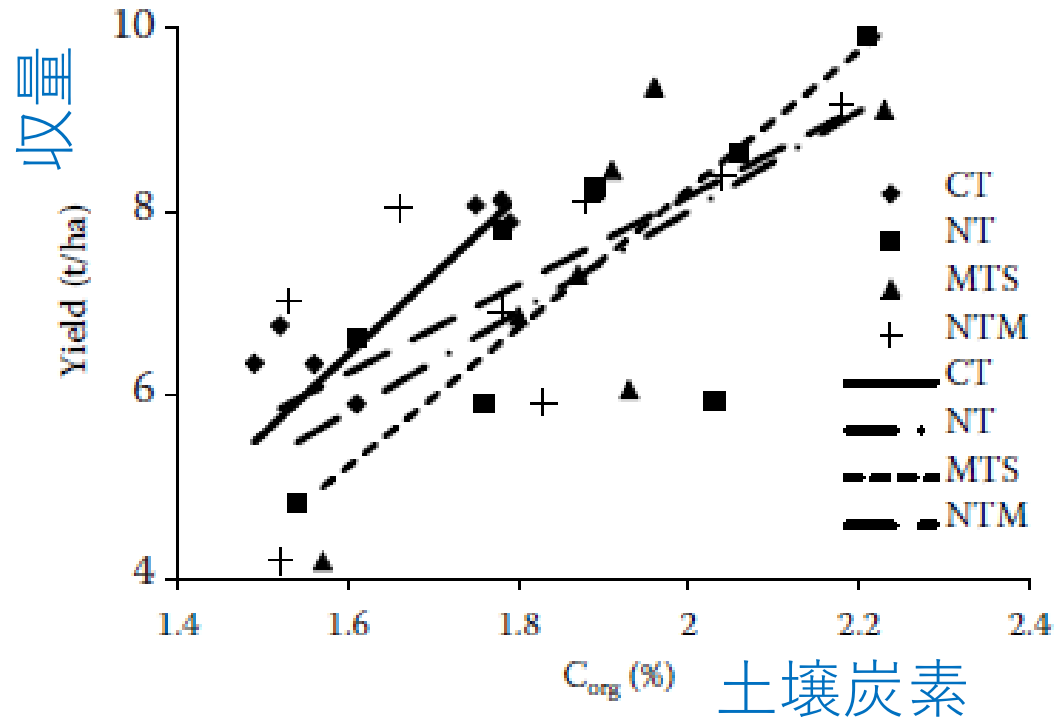
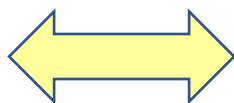


Figure 4. Relationship between winter wheat yields and values of organic C content in topsoil under different tillage systems during the period 2002 to 2009. CT – conventional tillage; NT – no tillage; MTS – minimum tillage + straw; NTM – no tillage + mulch

トレードオフに注意：総合評価の重要性

例えば、有機物投入を増やすと。。

土壌の炭素が増加
(CO₂の削減)



・ CH₄やN₂Oが増加
・ 堆肥の製造・運搬・散布の化石燃料消費が増加？

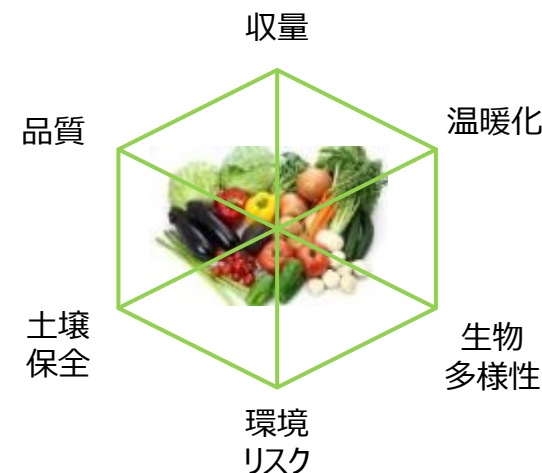
プラスの効果



マイナスの効果

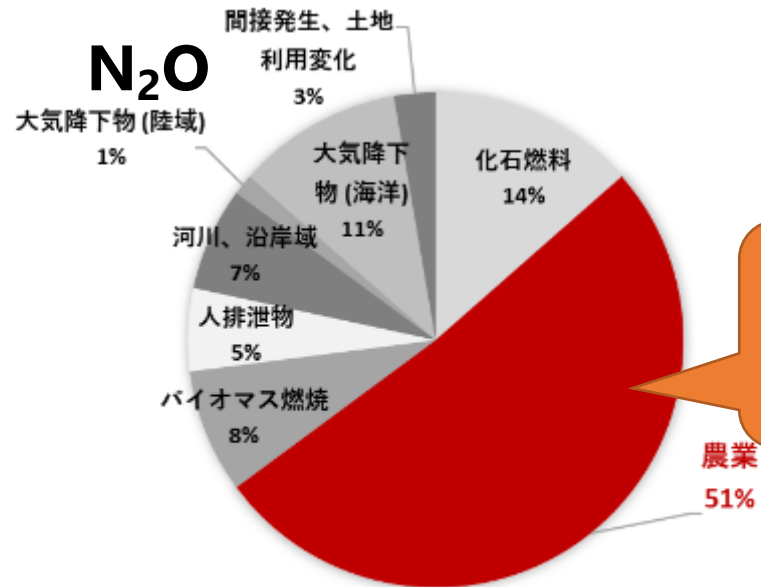
「結局全体としてどうなのか？」

- ・ 温室効果ガス同士なら、GWP (Global Warming Potential; 地球温暖化係数) を用いて、3つのガスをCO₂換算できる：CO₂ = 1、CH₄ = 27、N₂O = 273
- ・ 違う種類の環境負荷は？ (例：温室効果ガスvs生物多様性)



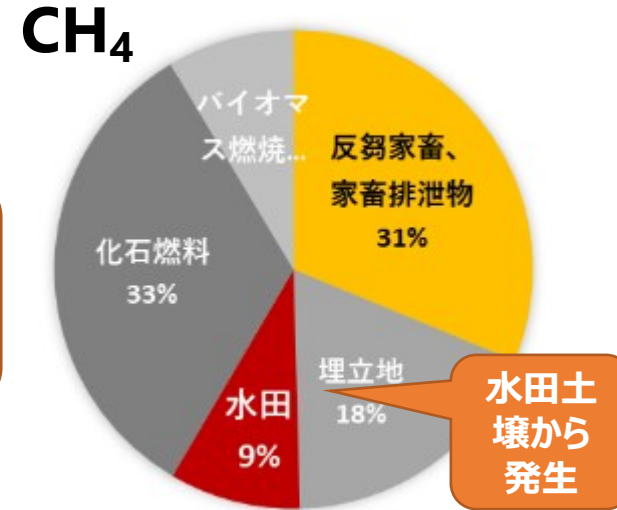
農業はN₂OとCH₄の主要な人為的発生源

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



2007-2016年 (total: 7.3 Tg (N₂O-N) yr⁻¹)

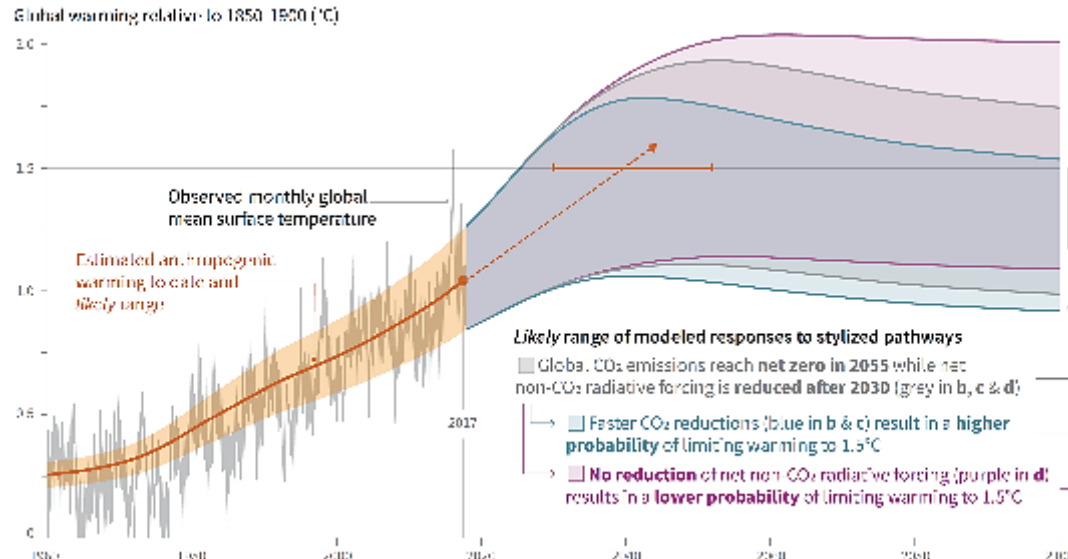
農地土壌
や家畜排せ
つ物の管理
から発生



2008-2017年推計 (total: 356 Tg CH₄ yr⁻¹)

水田土
壌から
発生

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)



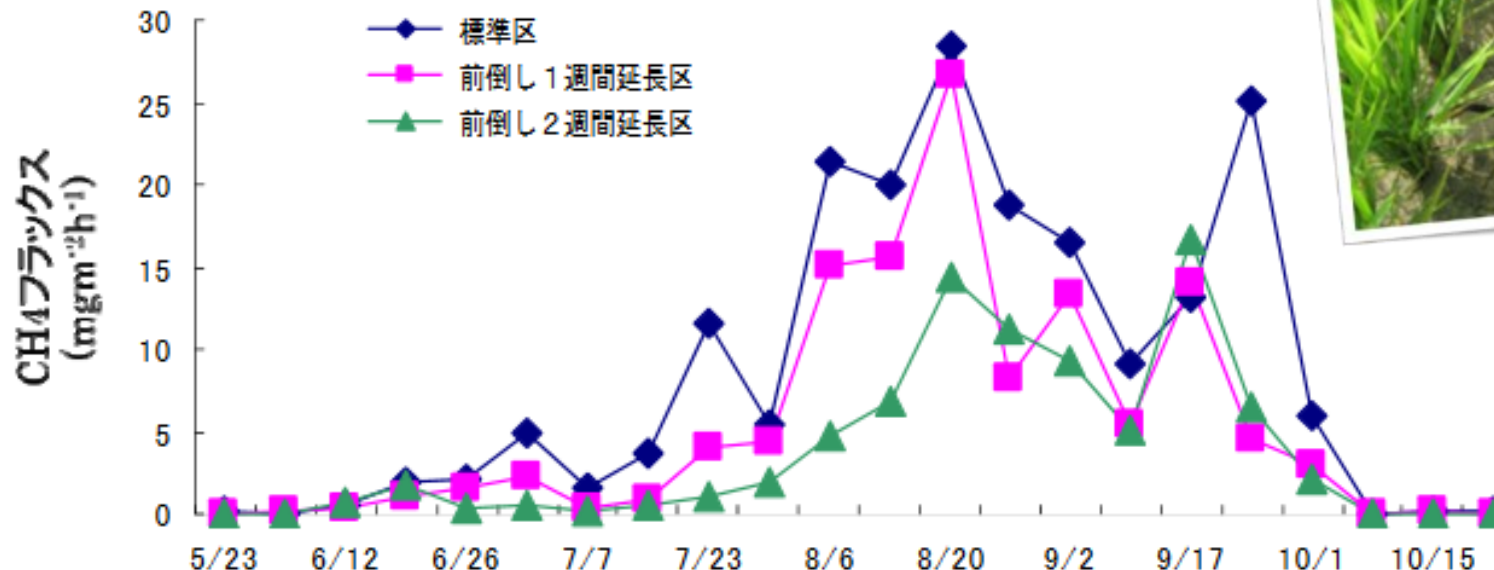
世界平均気温上昇
を1.5°C以下に
抑えるためには
CO₂以外の
温室効果ガス削減
も重要

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

メタン削減：現状と将来



現状

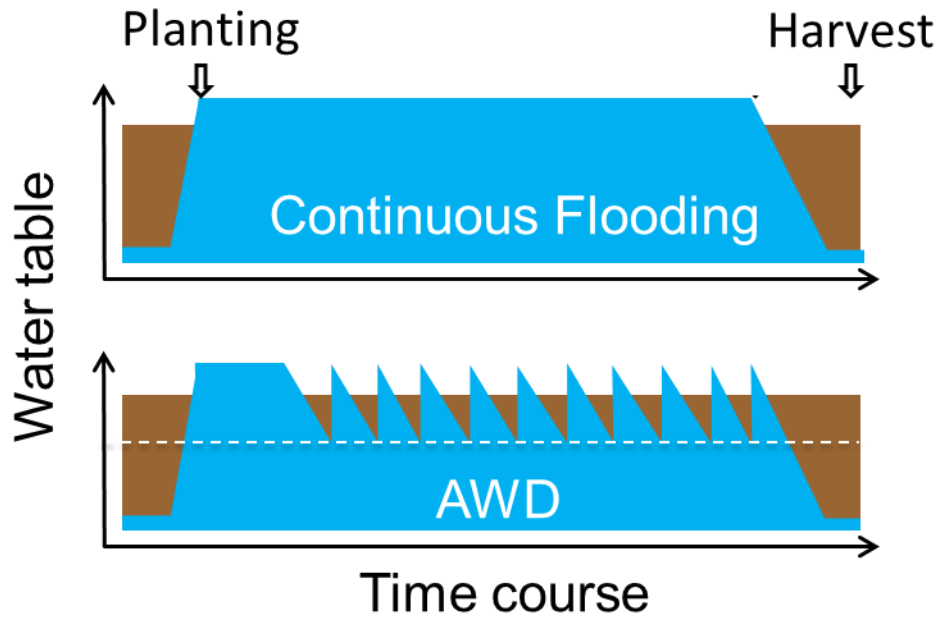
(農業環境技術研究所、2013)

- **水管理**：中干しの1週間延長で30%減。2023年にJクレジット方法論として承認。この方法論によるメタン削減プロジェクトを26件登録、18件認証（約79,700ha、307,323 t CO₂削減/R7年11月時点）。普及が拡大中。
- **有機物管理**：ワラの春すき込みから、秋すき込みへ

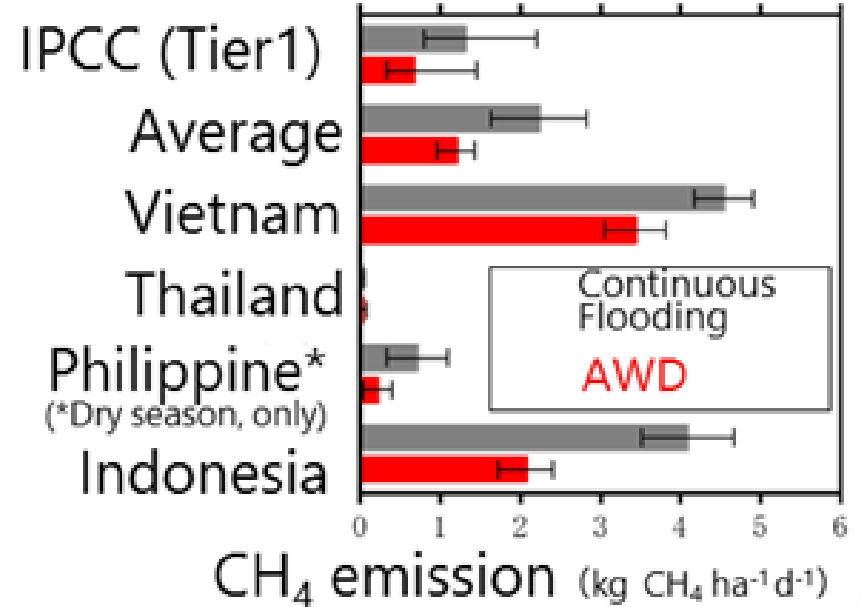
将来

- 品種（低メタン品種・系統の利用）

AWD:
節水のための水管理。 間断灌漑



Tirol-Padre et al. (2018)



アジアの4か国で、AWDにより、平均で30%のメタン削減。

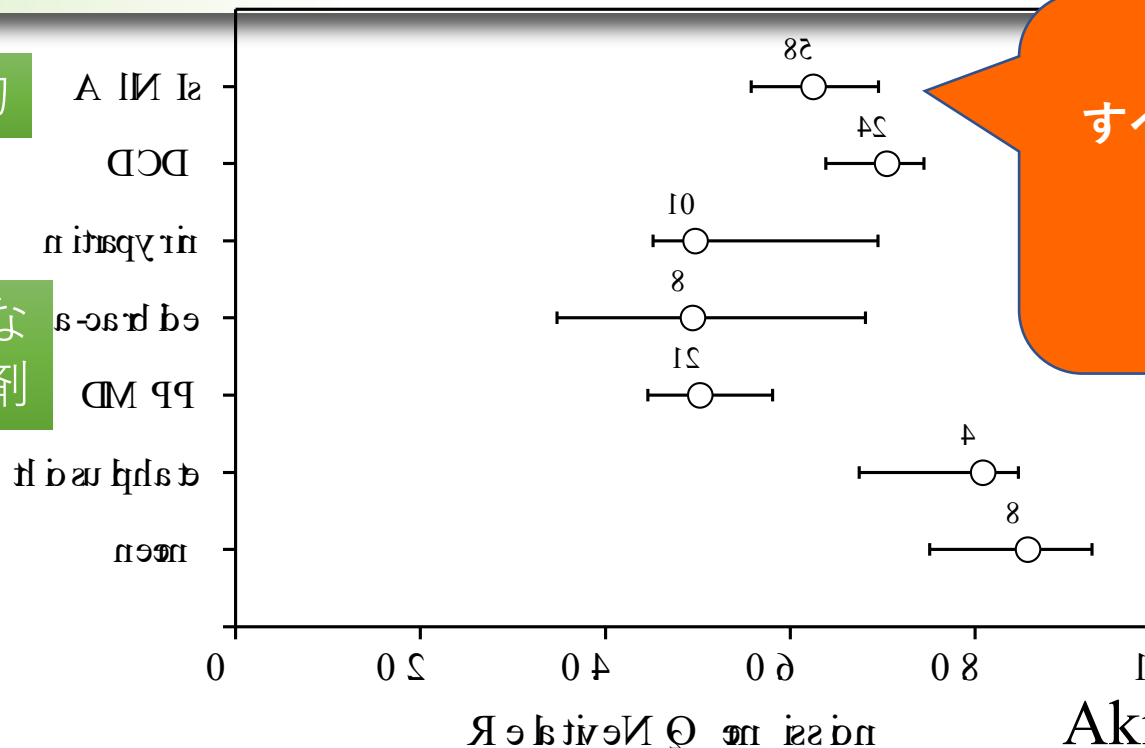
フィリピンとの二国間クレジット制度 (JCM) の
初の方法論として承認 (2024年6月)。



N2O削減：現状と将来

平均

いろいろな
硝化抑制剤



すべての硝化抑制剤
で有意に削減
平均：-38%

Akiyama et al. 2010

慣行=1とした相対発生量
図中の数字：データセット数(n)

- 現状
- ・ **適正施肥**（施肥削減率に応じた削減）
 - ・ 肥料の種類：**緩効性肥料**、**硝化抑制剤**など
- 将来
- ・ 根粒菌の利用など、微生物を利用した削減技術

Web上で土壌炭素を計算するサイトを開発・公表



土壌のCO₂吸収「見える化」サイト

HOME 計算 Q&A リンク

What's New

● 土壌のCO₂吸収量を簡単に計算できます。

本サイトでは、場所や管理土壌のCO₂吸収量を計算するためのCO₂吸収量を計算したい場所 + 管理

＜くわしくはこちら＞



HOME 計算 Q&A リンク

1.場所の選択 - 2.作物と栽培の処理 - 3.堆肥と化学肥料の投入 - 4.確認 - 5.結果(土壌炭素) - 6.結果(温室効果ガス総合評価)

-土壌炭素の分解・蓄積は、気候や土壌タイプの影響を受けます。
-ここでは、地図や住所から場所を選び、その場所の土壌タイプや気象データを読み込みます。

調べたい場所を住所で検索するか、地図上の位置をクリックしてください。選択した場所の気象や土壌の情報を取得します。

土壌分類名 農産物産出量ポツエ
気象データ

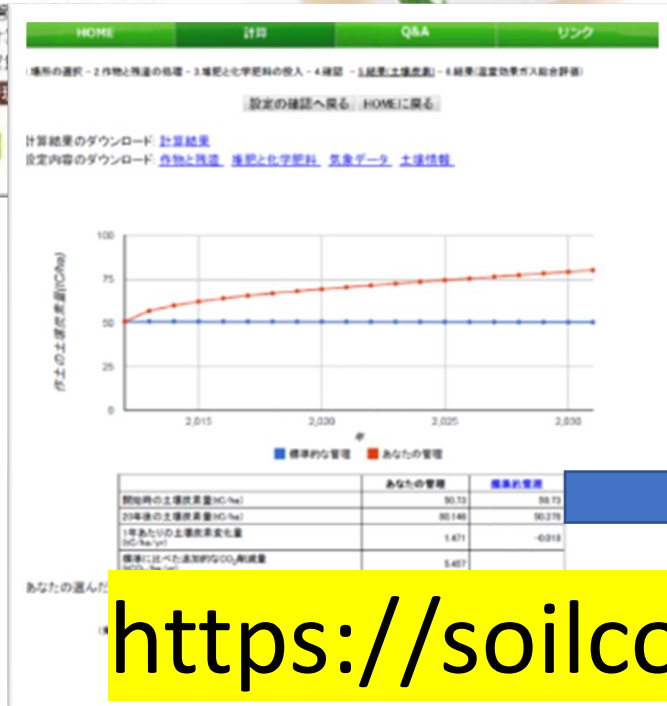
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最高気温(°C)	4.0	5.2	7.0	13.0	18.5	20.7	24.0	24.5	20.9	16.0	11.0	6.0
最低気温(°C)	11.0	10.0	9.0	11.0	10.0	15.0	4.0	10.0	1.0	2.0	14.0	11.0

次へ

住所検索: 300035 群馬



この場所が選択されました。 × 農産物産出量ポツエ(233)



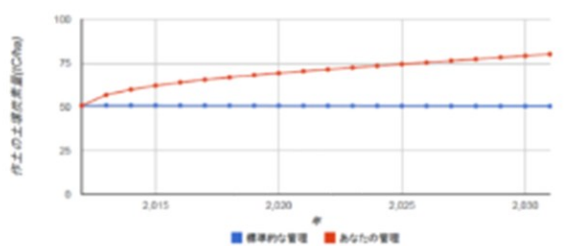
HOME 計算 Q&A リンク

場所の選択 - 2.作物と栽培の処理 - 3.堆肥と化学肥料の投入 - 4.確認 - 5.結果(土壌炭素) - 6.結果(温室効果ガス総合評価)

設定の確認へ戻る HOMEに戻る

計算結果のダウンロード 計算結果
設定内容のダウンロード 作物と栽培 堆肥と化学肥料 気象データ 土壌情報

あなたの選んだ

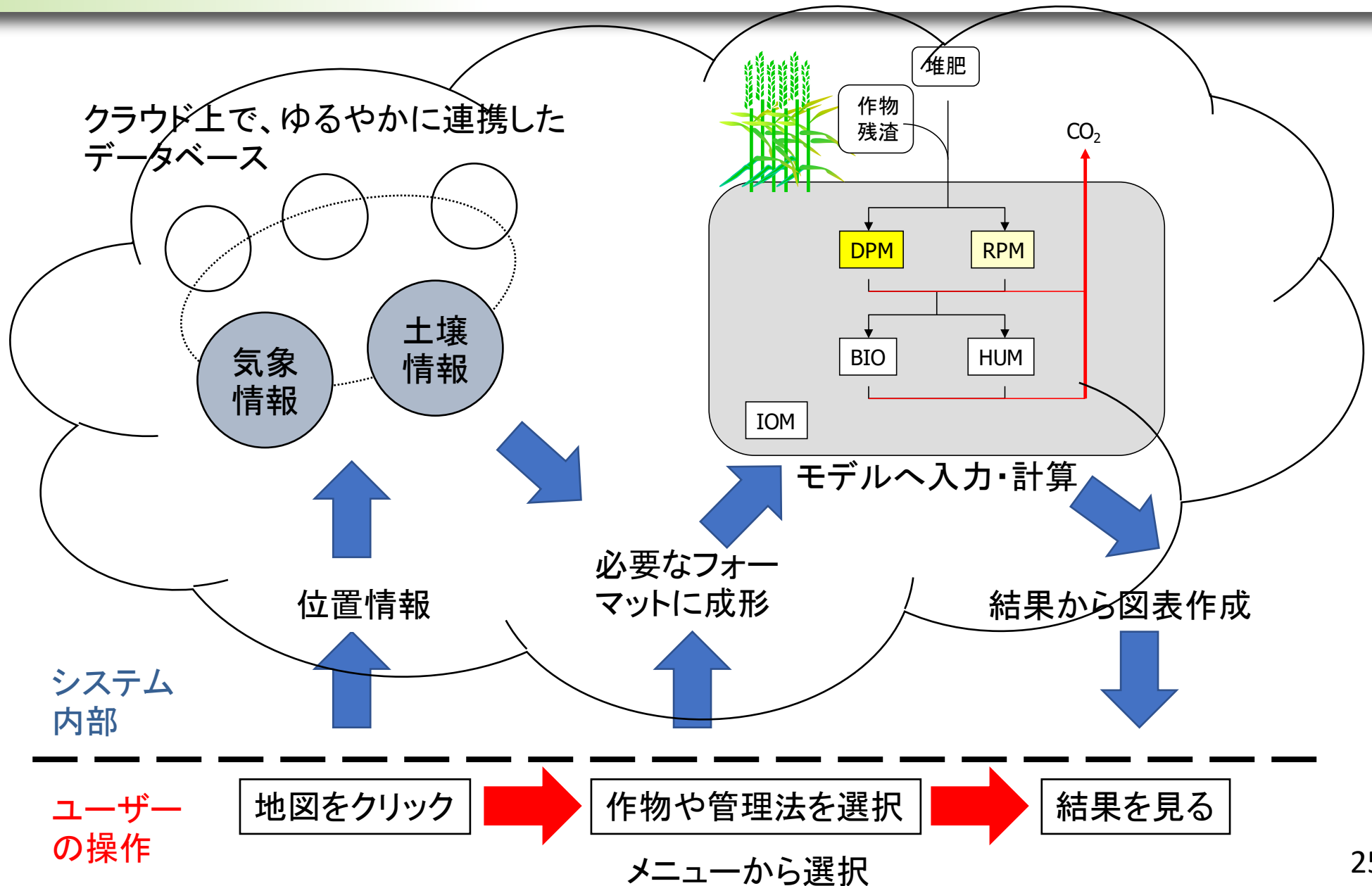


	あなたの管理	標準的管理
開始時の土壌炭素量(tC/ha)	90.70	90.70
20年後の土壌炭素量(tC/ha)	90.146	90.278
1年あたりの土壌炭素変化量(tC/ha/年)	1.471	-0.019
標準に比べて追加的CO ₂ 削減量(tC/ha/年)	5.487	

	あなたの管理	標準的管理
土壌炭素の増減によるCO ₂ (tCO ₂ /ha/年) (プラスが排出。マイナスが吸収)	-3.34	0.5
メタン(g-CH ₄ /m ² /年)	10.00	10.00
CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	3.40	3.40
N ₂ O(kg-N ₂ O/10a) CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	0.13 0.39	0.07 0.20
うち化学肥料由来(kg-N ₂ O/10a) CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	0.02 0.05	0.02 0.05
うち堆肥由来(kg-N ₂ O/10a) CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	0.08 0.23	0.01 0.03
	0.04	0.04
	0.11	0.11
	2.02	2.02
(プラスが排出。マイナスが吸収)	2.47	6.12

<https://soilco2.rad.naro.go.jp/>

計算の仕組み：背後ではモデルが動いている



土壌炭素モデルの活用


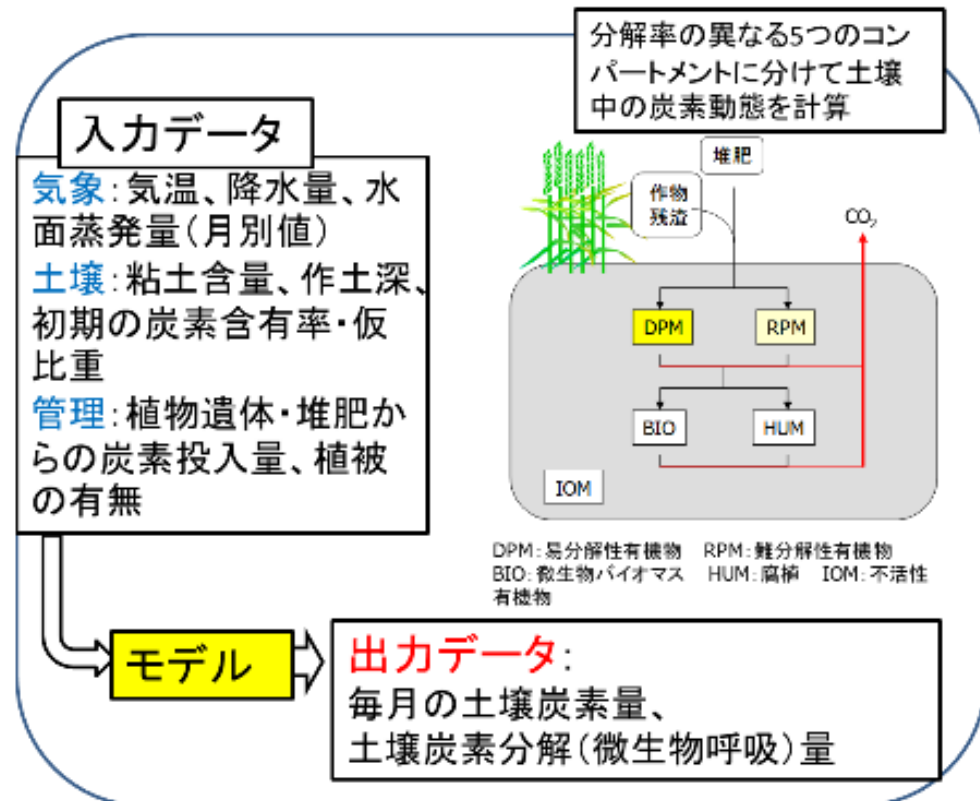
- 観測、実験、メカニズム研究をもとに、モデルを構築
- 将来予測、広域評価などに活用
- 例：GHGインベントリ報告や、国の削減目標：農地土壌の炭素量の増減に由来するCO₂の吸排出を、**RothCモデル**で計算

日本国温室効果ガスインベントリ報告書
2017年

温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編
環境省地球環境局総務課低炭素社会推進室 監修

地球環境研究センター
Center for Global Environmental Research

国立研究開発法人 国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies, Japan

- ゼロエミッションには吸収源が必須。農地土壌にも期待。
- 農地土壌への炭素貯留は、食料生産と両立。一石二鳥。
- ポテンシャルが大きく、コストも低い。
- 農業のGHG総排出量への寄与は、日本では大きくないが、削減は必要。世界ではもっと多い。削減技術の海外展開による波及効果にも期待。
- メタンとN₂Oでは、農業の寄与が大きい。革新的な技術開発と、実用化に近い技術の普及の両輪。
- トレードオフに注意し、総合評価が重要。
- 効果を見える化し、普及につなげる。
- モデルを活用。国のGHGインベントリへの貢献。