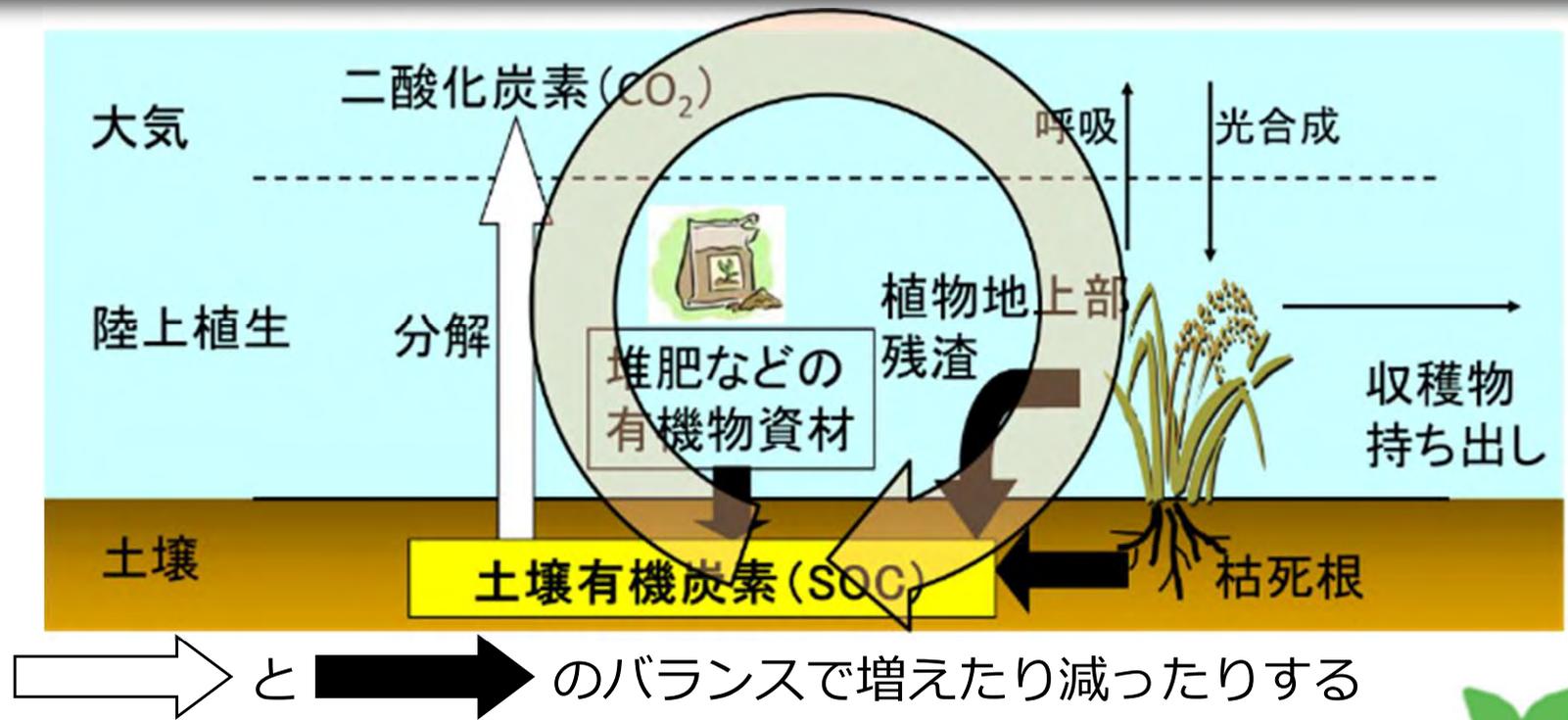


日本学会議学術フォーラム
「食料システムから地球温暖化の抑制を考える」
2023年3月11日

食料生産と気候変動緩和の一石二鳥： 土壌は地球を救う！

農研機構
農業環境研究部門
白戸康人

土壌への炭素貯留

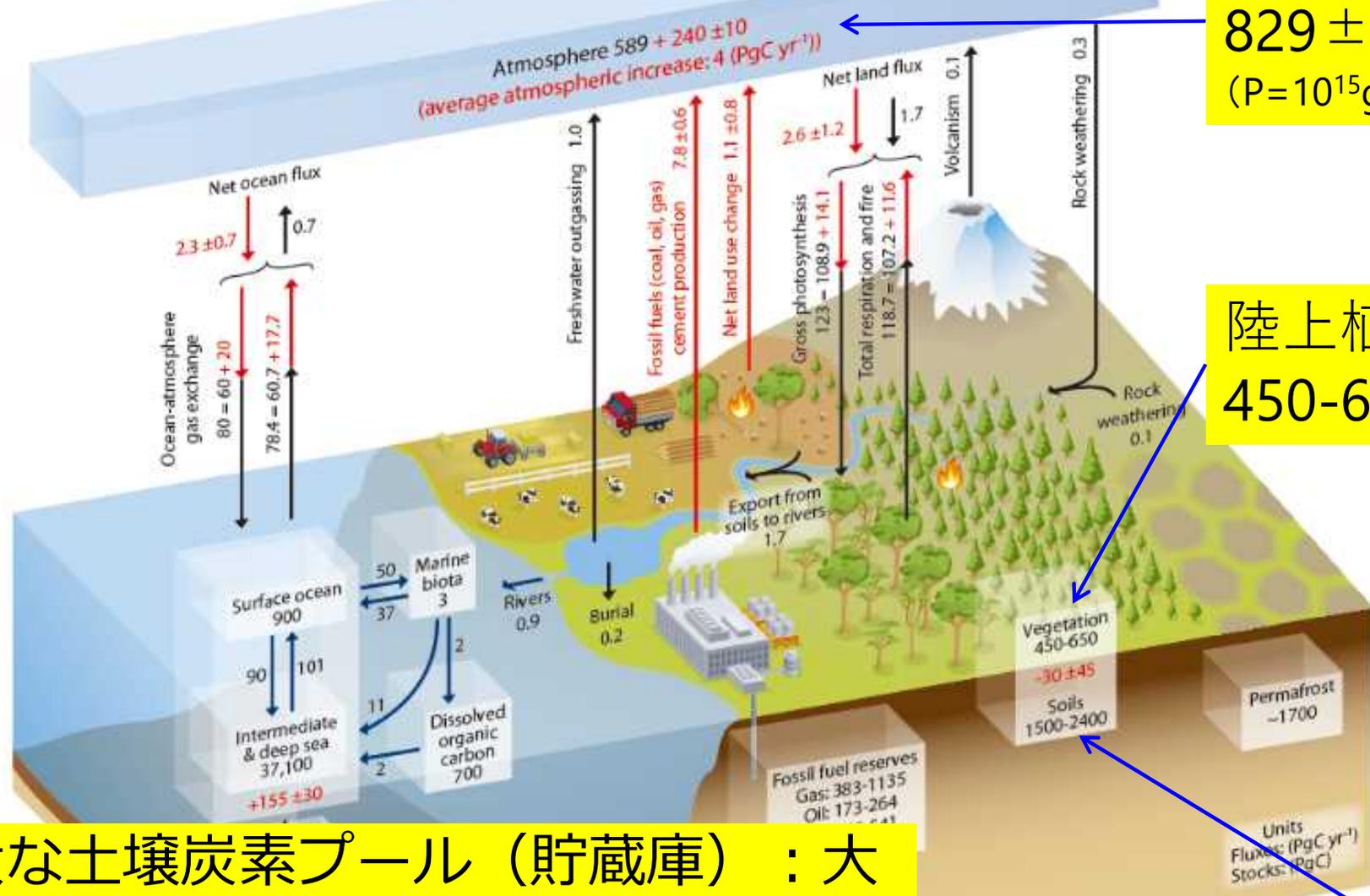


土壌への炭素の供給量が分解量を上回れば土壌炭素が増える。
植生部分（作物体）の炭素量は変わらないと考えるので、土壌炭素が増えた分は、大気中のCO₂が吸収されたと考える。



- 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

Global Carbon cycle (IPCC AR5 WG1, 2013)



大気:
829 ± 10 Pg
(P=10¹⁵g)

陸上植生:
450-650 Pg

土壌:
1500-2400 Pg

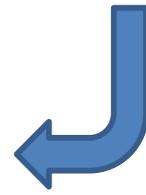
巨大な土壌炭素プール（貯蔵庫）：大気
の2倍、植生の3倍→少しの変動でも
大きな影響を与える可能性

AR6(2021)でも類似の図あり: 大気870、土壌1700、植生450

有史以来の土壌炭素の変化：

～土地利用変化によって既に人類が失った炭素の量～

- 5000億トン（袴田ら2000）
先史時代：2兆トン→
現代：1兆5000億トン
- 4560億トン（Lal, 2004）



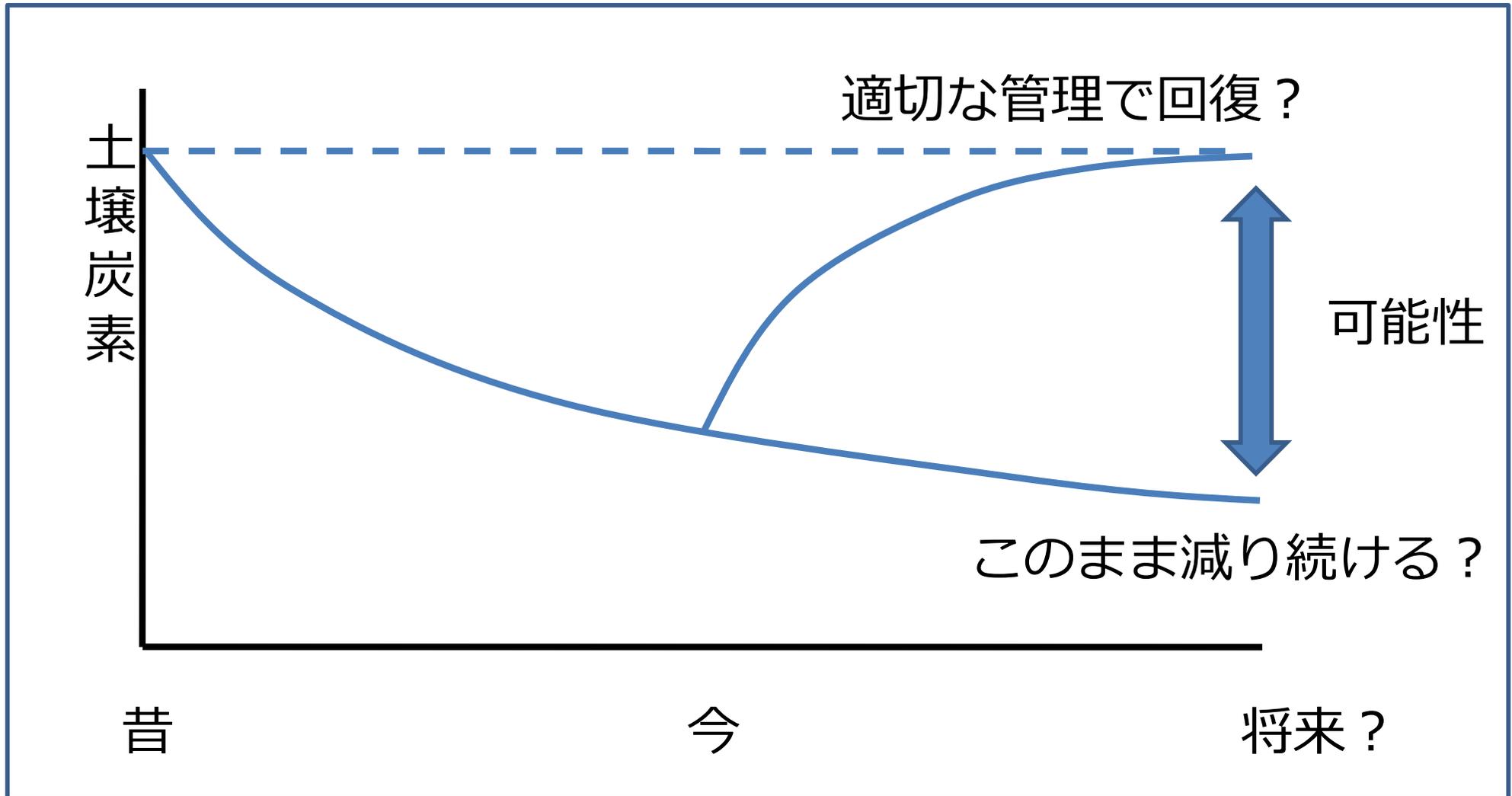
化石燃料の燃焼（1850年以降）

- 2700億トン（Lal, 2004）
- 2300億トン（Duxbury, 1994）



先史時代から現在まで土地利用変化により失われた土壌炭素は、過去の化石燃料の燃焼総量よりも大きい

人間の力で吸収を増やせるのか？



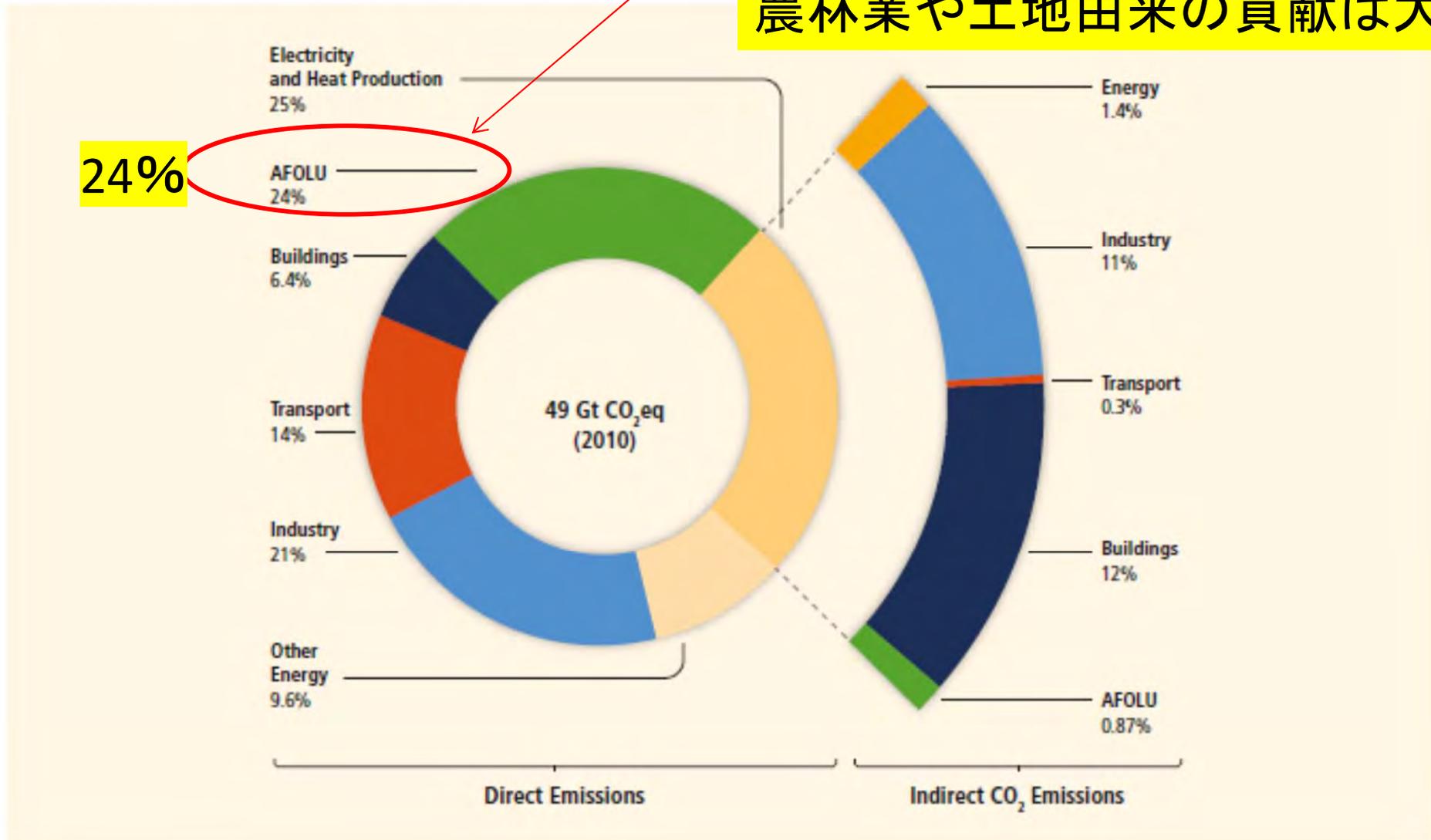
先史時代からずっと減ってきた（土地利用変化、農耕など）。
→適切な管理をすれば、元に戻せる可能性がある。

世界の温室効果ガス(GHG)排出

AFOLU (Agriculture, Forestry and other Land use)

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors

農林業や土地由来の貢献は大



AR6では、22%

IPCC 第5次評価報告書WG3、SPM.4.2.4 p24

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

パリ協定

京都議定書以降の新たな枠組み



- 国連気候変動枠組条約第21回締約国会（COP21）
- 2015年11/30～12/13@パリ
- 世界共通の長期目標として **2°C目標**のみならず1.5°Cへの言及。さらに、今世紀末には排出量を実質的にゼロに。
- 主要排出国を含む **すべての国が削減目標**を5年ごとに提出・更新

4 per 1000 initiative

- 「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）

2015.11

COP21(パリ)でフランス政府主導で発足



第1回会合@マラケシュ

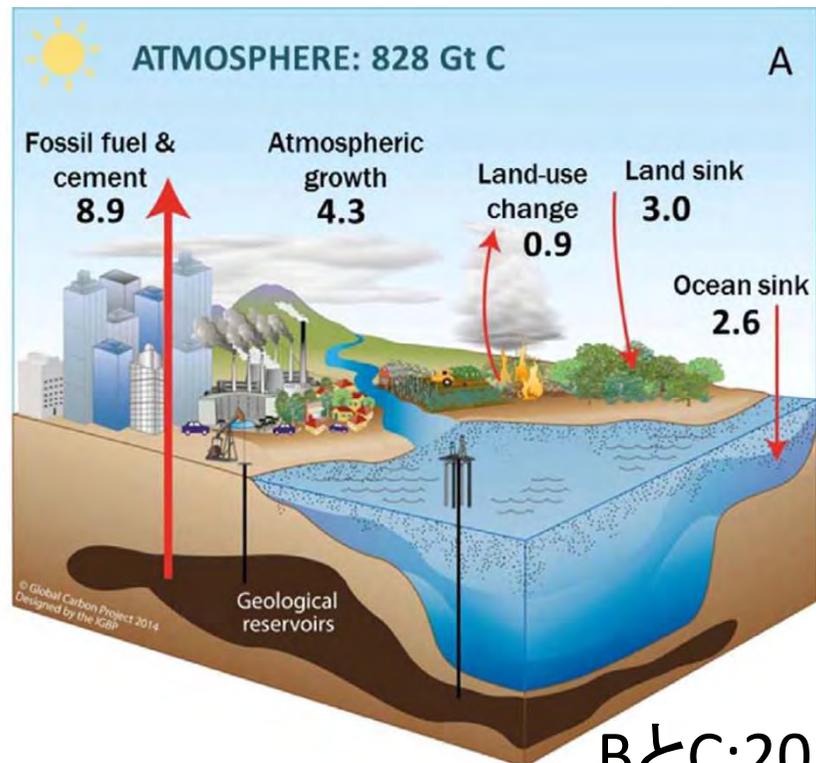


第2回科学技術委員会@ローマ



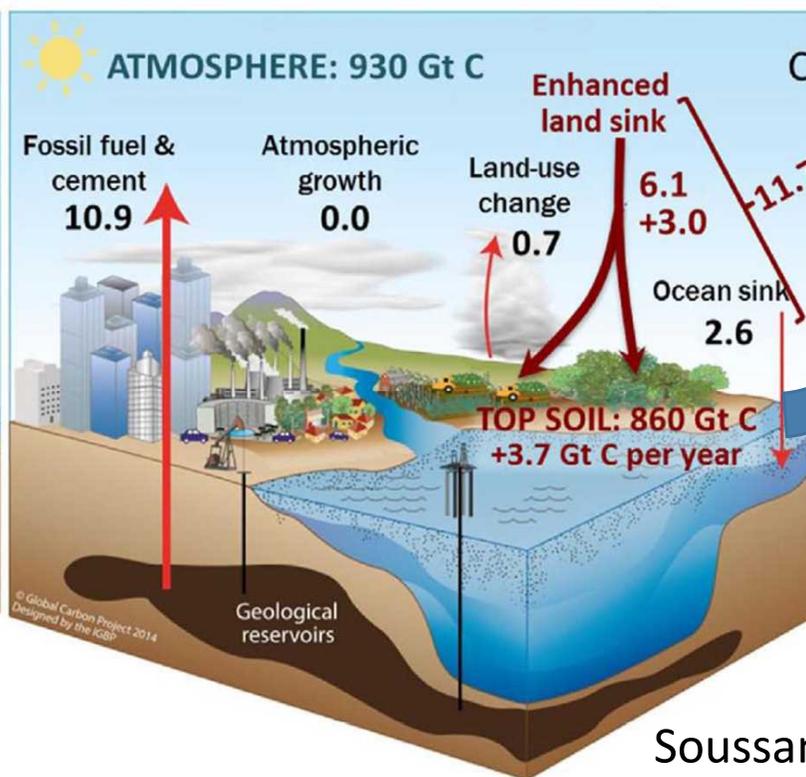
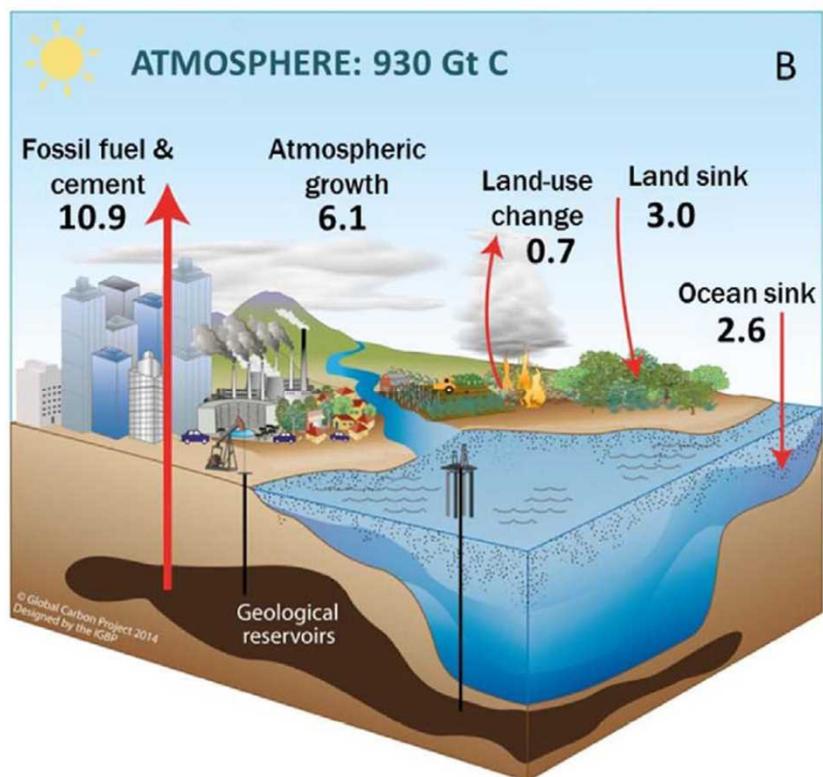


A:2011年の全球の炭素循環



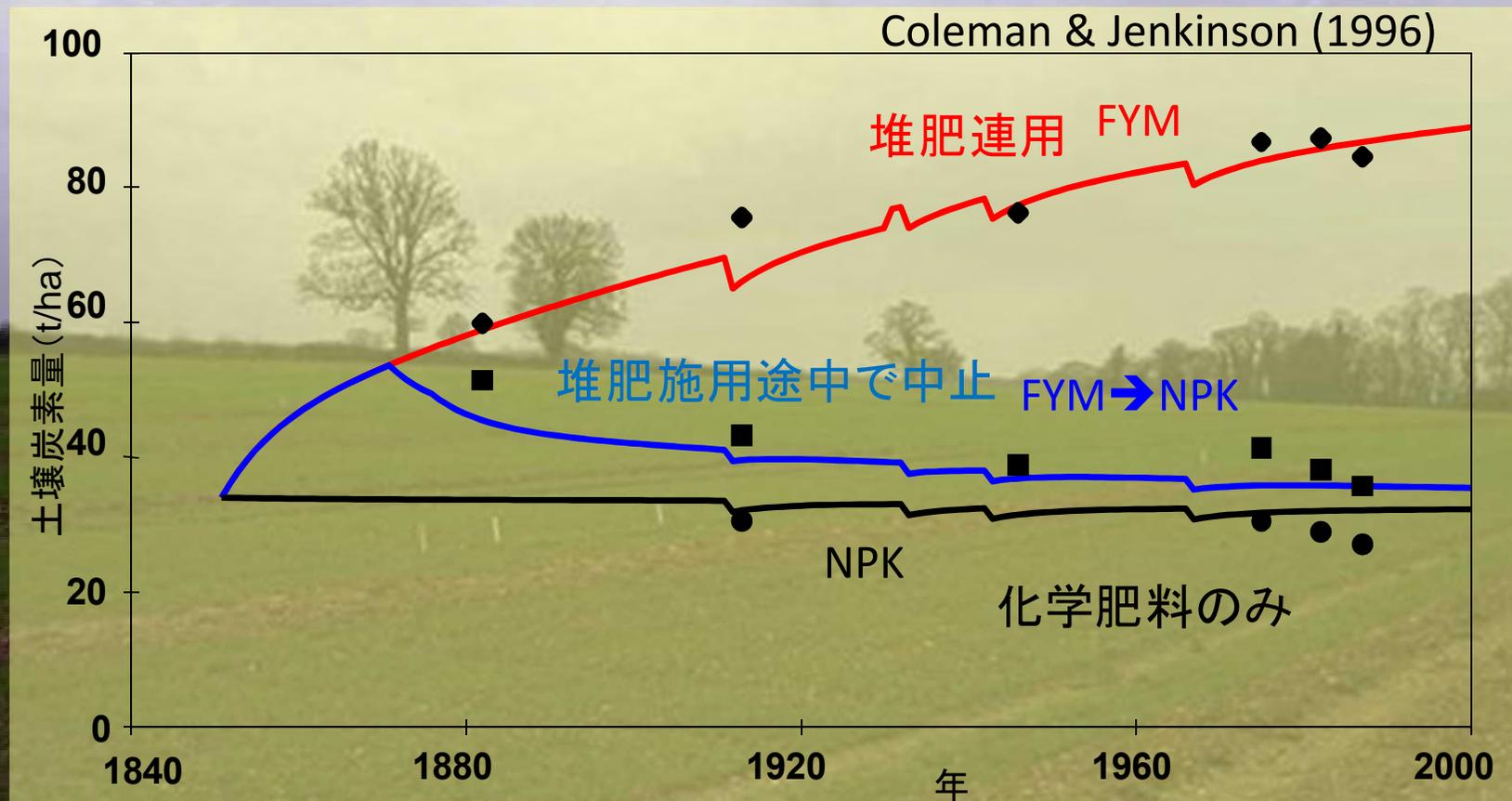
$$3.7/860 \div 0.004 (4\%)$$

BとC:2030-40年の炭素循環



投入を増やす～有機物の施用

▶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



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）

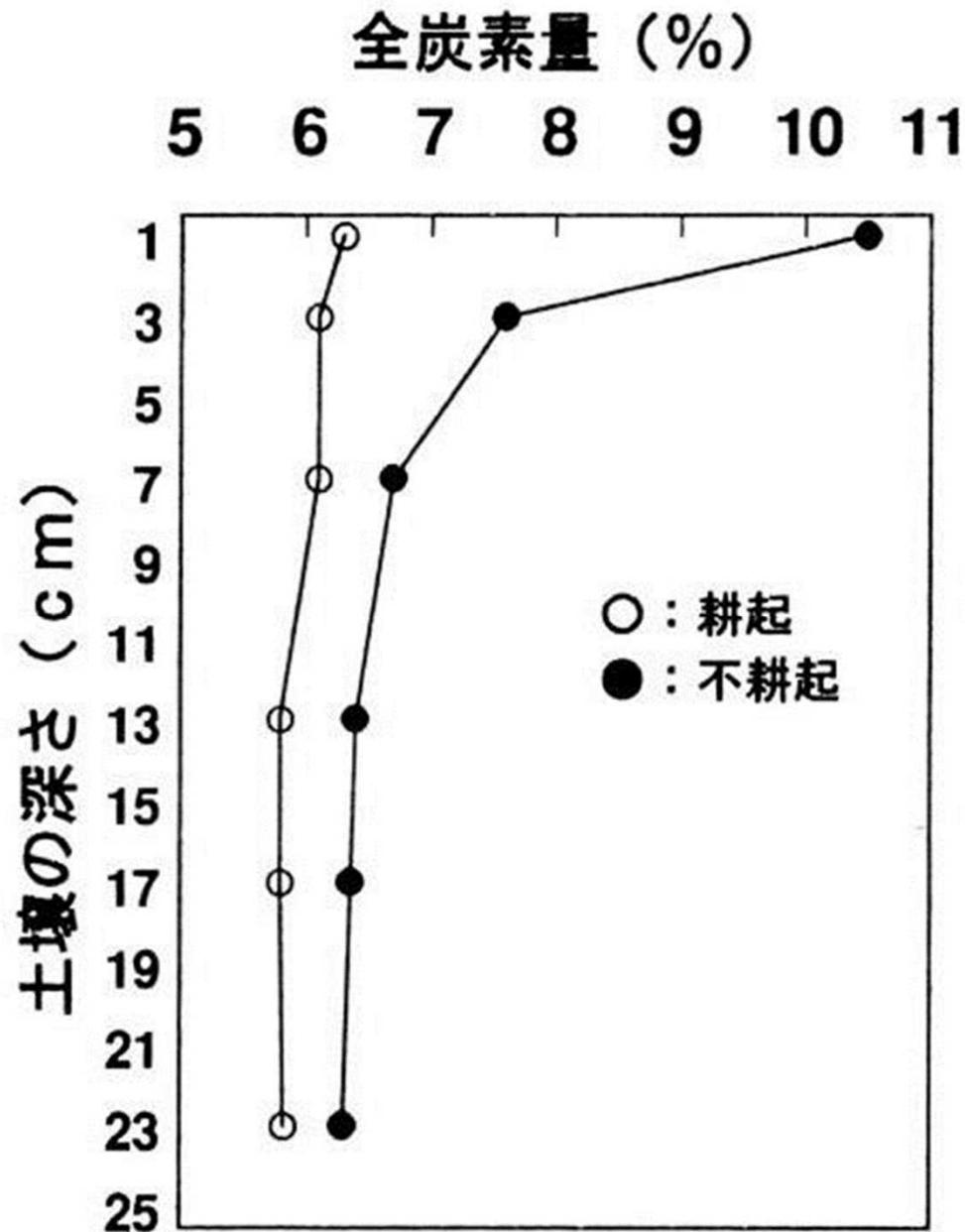
- 高温低酸素条件で炭化。非常に安定
- 土壌中での有機物の腐植化による安定化とはメカニズムが別
- IPCC2019改良ガイドラインで貯留量の算定法が示された
- 2020年、Jクレジット方法論「バイオ炭の農地施用」
- 今後の普及が期待される
- ポテンシャルは大。2020年日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2018年度）では約5000トンCO₂/年*



*農林水産省：2020年11月9日：J-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用にかかる方法論に関する説明会資料より

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/biochar/attach/pdf/top-4.pdf>

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)

土壌炭素と作物収量

気候変動緩和だけでなく、持続的な食料生産に貢献

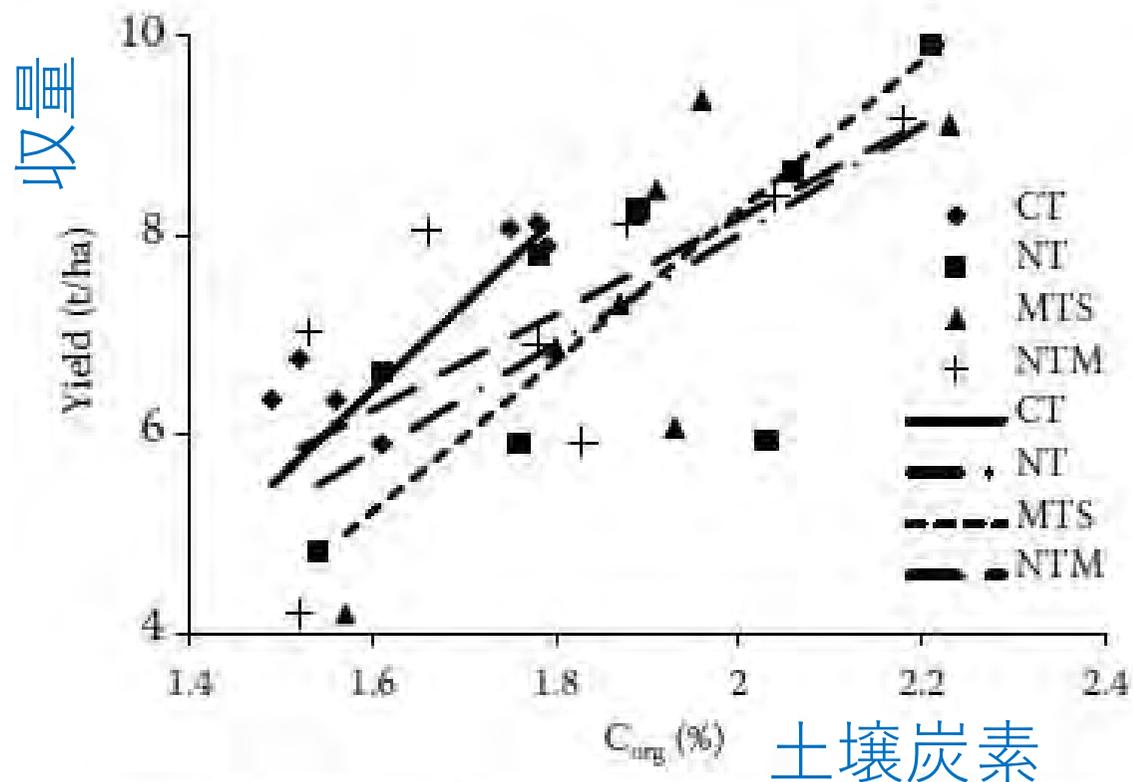


Figure 4. Relationship between winter wheat yields and values of organic C content in topsoil under different tillage systems during the period 2002 to 2009. CT – conventional tillage; NT – no tillage; MTS – minimum tillage + straw; NTM – no tillage + mulch

緩和策の普及のために

- 技術自体にメリット（収量、品質等）を→適応と緩和の両立。シナジー
- 環境直接支払い
- Jクレジット
- エコラベル

J-クレジット制度の概要

J-クレジット制度



資金
→
←
クレジット



京都 亀岡 CO₂削減のために炭を畑に埋めました。その畑で育った農地炭素貯留野菜がクルベジです。

食卓から地球を冷そう!

農地炭素貯留を応援します。

京都銀行




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？

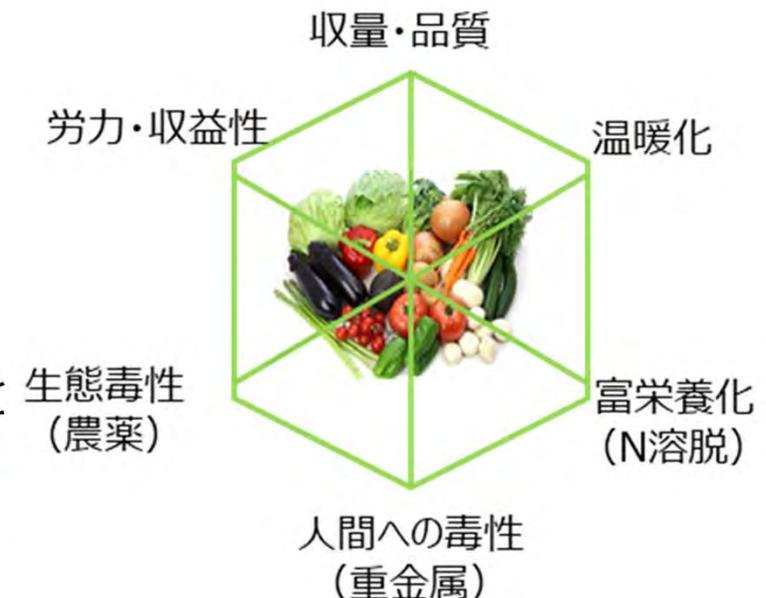
プラスの効果



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)



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、場所や管理方法によって土壌のCO₂吸収量を計算し、あなたの畑のCO₂吸収量を「見える化」します。

読みたい場所 + 管理方法

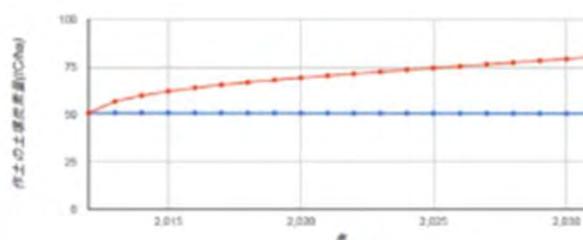
くわしくはこちら

HOME 計算 Q&A リンク

1.場所の選択 - 2.作物と栽培の管理 - 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



項目	あなたの管理	標準的管理
圃場の土壌炭素量(tC/ha)	30.73	30.73
20年後の土壌炭素量(tC/ha)	30.146	30.376
1年あたりの土壌炭素変化量(tC/ha/年)	1.671	-0.198
標準に比へた追加的CO ₂ 削減量(tCO ₂ /ha/年)	1.671	

HOME 計算 Q&A リンク

1.場所の選択 - 2.作物と栽培の管理 - 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。

読み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。

土壌分析結果: 農産物産量調査サイト

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気温(℃)	4.0	5.2	7.0	13.0	18.5	20.7	24.0	24.5	20.9	16.6	11.0	6.0
降水量(mm)	116	24	92	110	100	130	42	107	131	210	141	81

次へ



住所検索: 300030 | 検索

この場所が選択されました。 × 農産物産量調査サイト

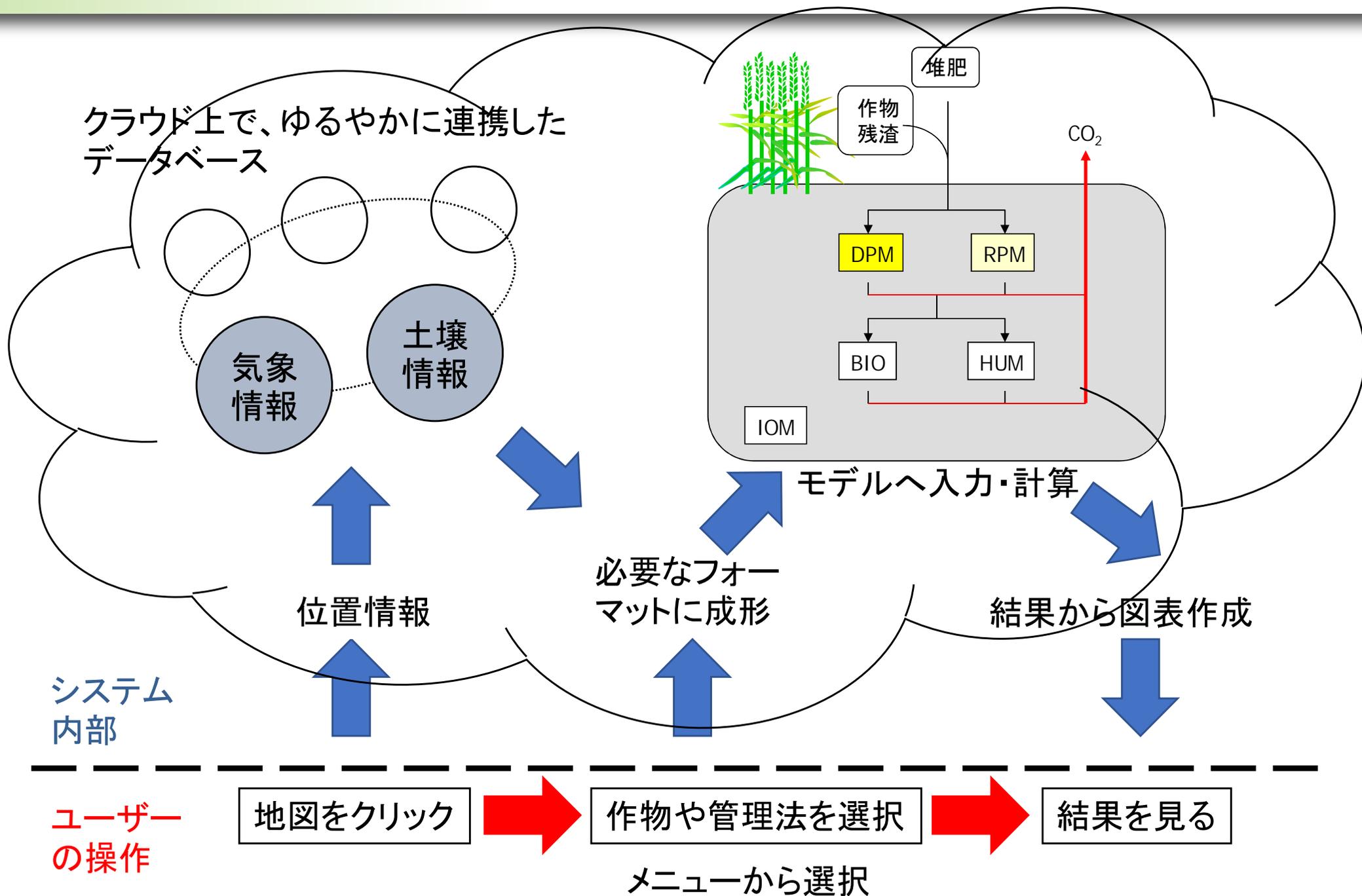
	あなたの管理	標準的管理
土壌炭素の増減によるCO ₂ (tCO ₂ /ha/年) (プラスが排出。マイナスが吸収)	-3.34	0.5
メタン(g-CH ₄ /m ² /年)	10.00	10.00
CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	3.40	3.40
N ₂ O(kg-N ₂ O/10a)	0.13	0.07
CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	0.39	0.20
うち化学肥料由来(kg-N ₂ O/10a)	0.02	0.02
CO ₂ 換算(tCO ₂ /ha/年)	0.05	0.05
うち堆肥由来(kg-N ₂ O/10a)	0.08	0.01
CO ₂ 換算(tCO ₂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

(プラスが排出。マイナスが吸収)

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

農水省：環境直接支払い効果の検証に活用

計算の仕組み：背後ではモデルが動いている



まとめ

- ゼロエミッションには吸収源が必須
- 土壌炭素貯留は、食料生産と両立。一石二鳥
- ポテンシャルが大きく、低コスト
- トレードオフに注意。総合評価が重要
- 効果を見える化し、普及につなげる

2015
International
Year of Soils



国際土壌年から、国際土壌の10年へ。その先へ。
土壌は地球を救う！