

# 農地土壌の炭素蓄積に関する国内外の研究動向

白戸康人(農業環境技術研究所)

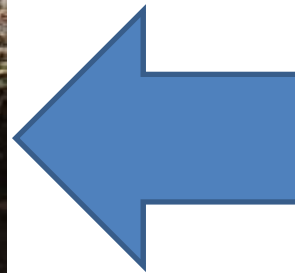
1. はじめに  
土壌炭素と気候変動緩和
2. 国際動向  
吸収量算定ルール、次期枠組み交渉、研究動向
3. 日本の政策  
農水省による吸収量試算結果の公表、環境直接支払い
4. 日本の研究動向  
農水省温暖化プロ、生産局事業
5. 今後の課題

# はじめに: 土壌炭素と温暖化緩和について

土壌に炭素がたまる? どこに?



黒ボク土の土壌断面

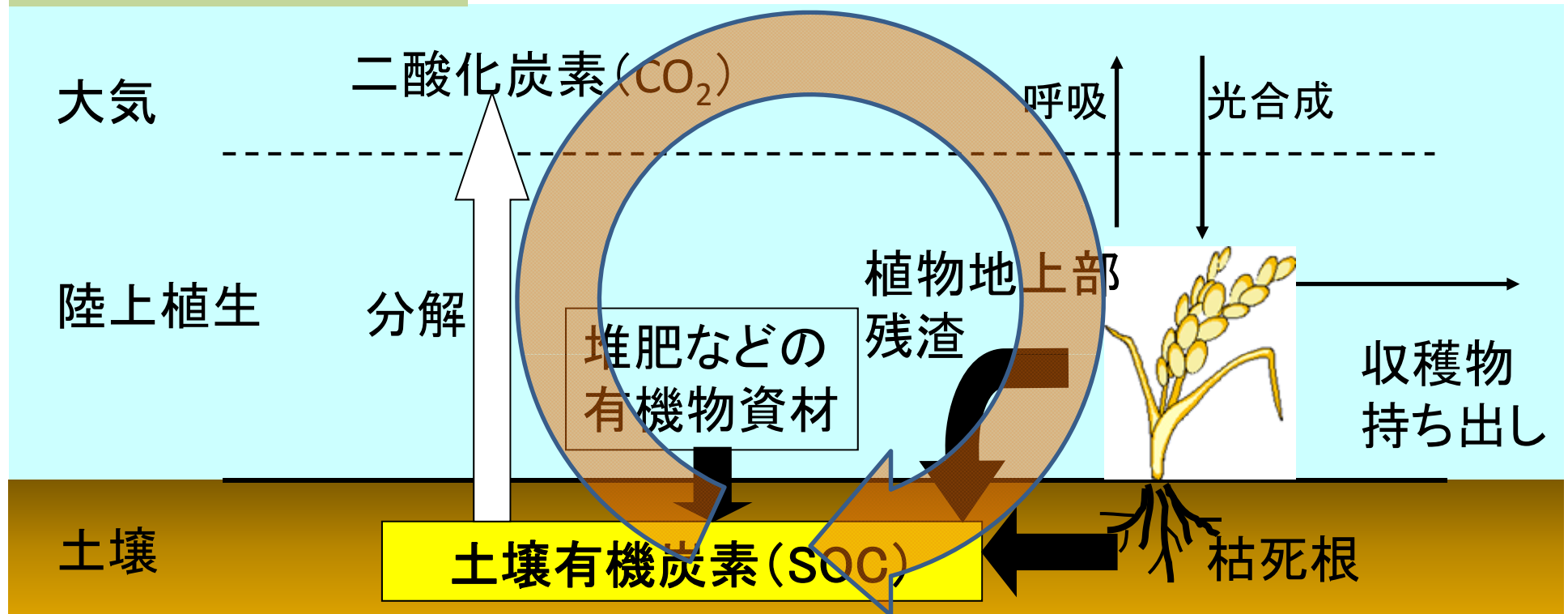


表層の黒い所に炭素が  
集積している  
「土壌有機物」  
「腐植」

一般的には、黒っぽい方が土  
壌中に有機物が多い。



# 土壌の炭素循環



供給量と分解量のバランスで増えたり減ったりする

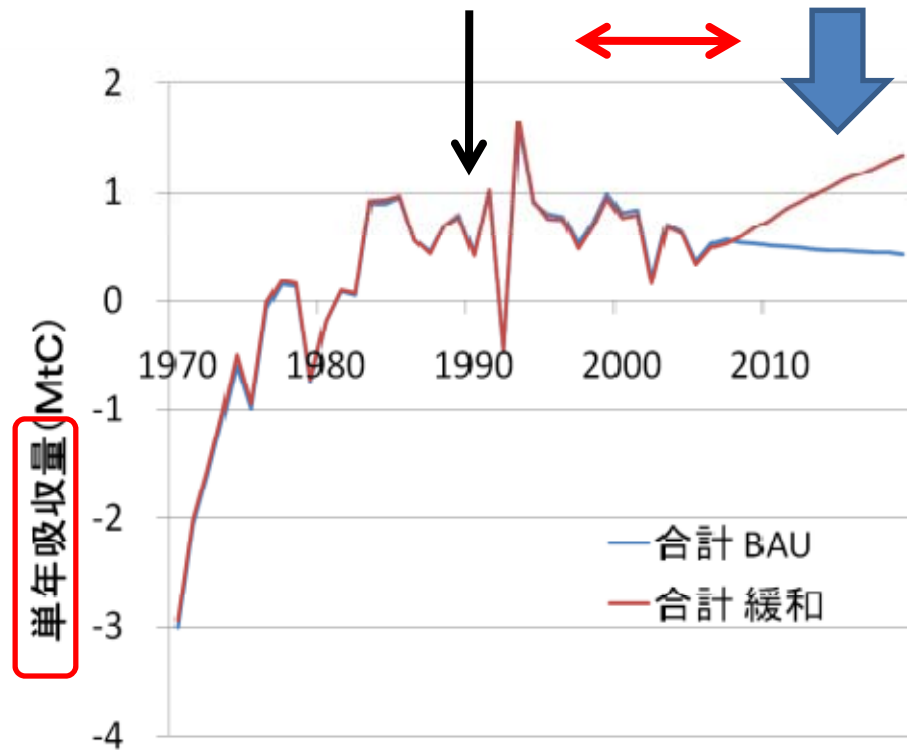
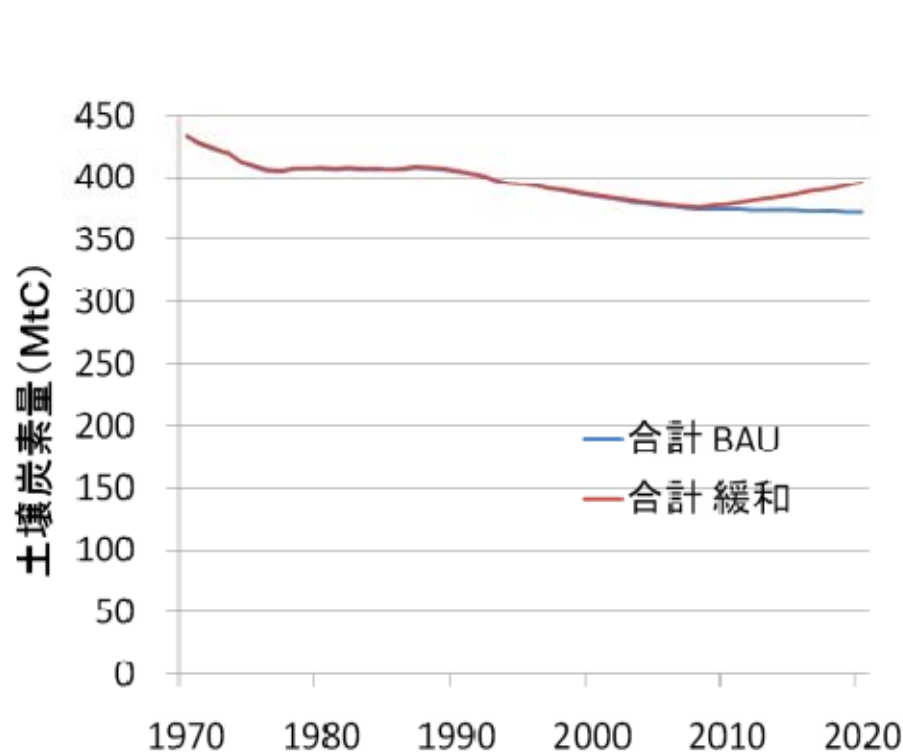
土壌への炭素の供給量が分解量を上回れば、土壌炭素が増える。

農地では、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CO<sub>2</sub>が吸収された**と考える。

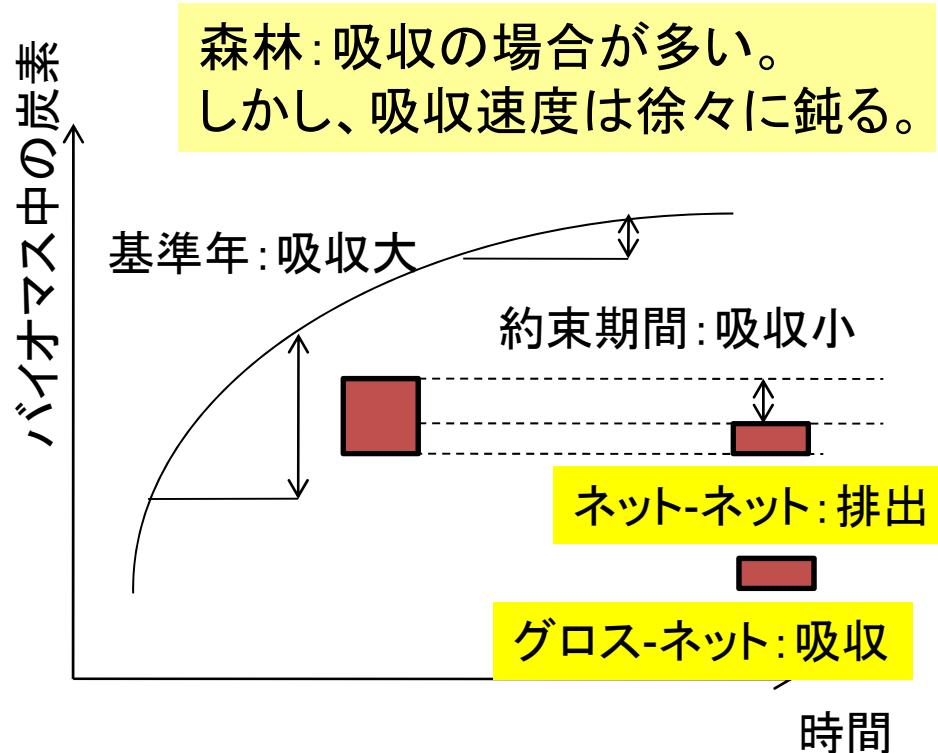
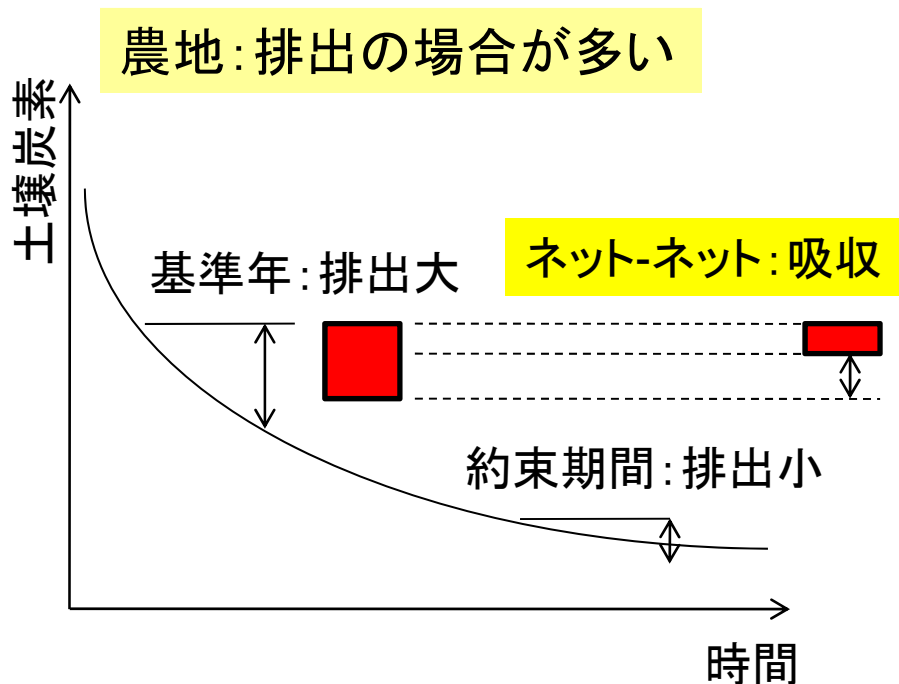
# 国際動向：土壌炭素量変化によるCO<sub>2</sub>吸収の算定ルール

## ネット・ネット算定法のイメージ

- 京都議定書：基準年1990 vs. 第1約束期間（2008～2012）
- ネット=ネット（純排出or吸収量どうしを比較）
- 純排出or吸収量とは、**土壌炭素量の年間変化量**を指す。  
（CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの場合は、その年の排出量）



# ネット-ネットとグロス-ネット(現行ルール)の考え方



ネット-ネットだと、

- ・排出を減らすことで吸収に。
- ・吸収に転じるところまで行かなくとも、排出を減らすような農地管理にインセンティブが働く。

- ・ネット-ネットだと、排出に。
- ・グロスネットだと、吸収に。
- ・わずかでも吸収し続けると吸収源になるので、森林管理にインセンティブが働く。

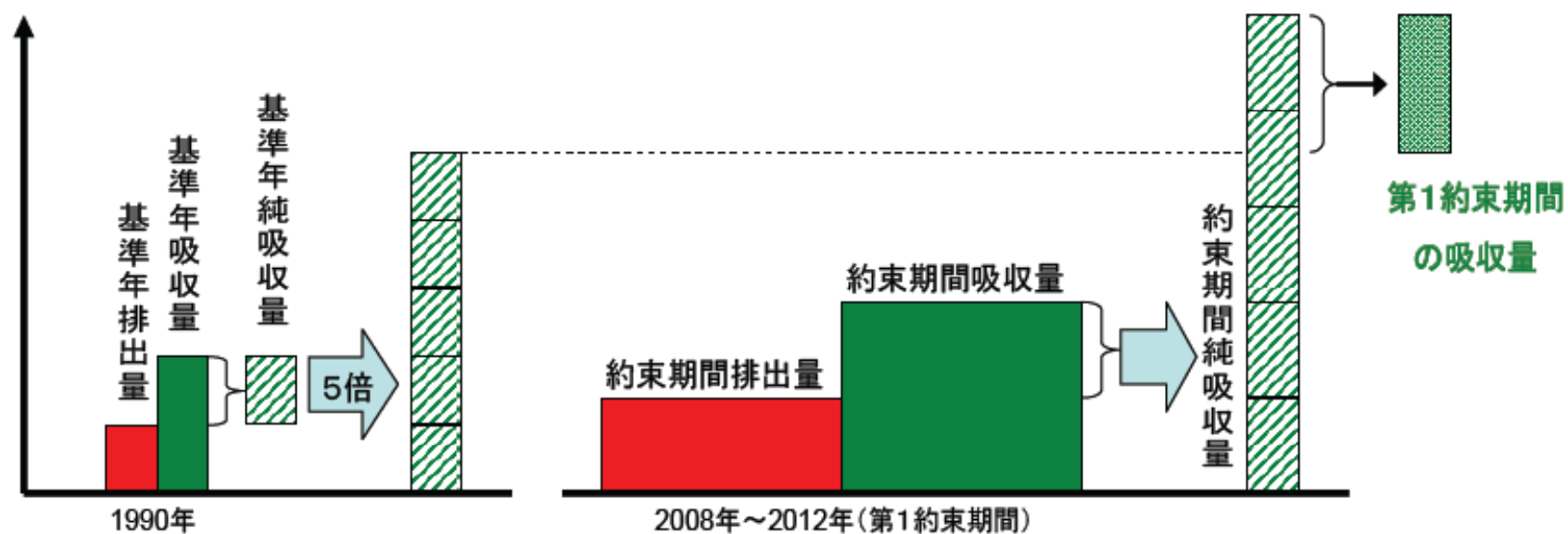
# 算定ルール(農地土壌)、国際交渉の主な論点

【吸収量の計上方法(3条3項、3条4項の農地土壌)】

・農地については、基準年、約束期間ともに吸収量を算入するネットネット方式となっている。

①基準年における純吸収量を算定し5倍

②第1約束期間における純吸収量を算定



第1約束期間(選択制、ネット-ネット、基準年1990)

選択制vs義務制

- 1) ネット-ネット
- 2) グロス-ネット
- 3) 将来予測ベースライン方式

基準年vs基準期間

(農水省:地球環境小委資料より)

## 国際動向（交渉）

- 次期枠組みは、COP15（2009年末、コペンハーゲン）までに合意を目指していたができず、COP16（2010年末、メキシコ）でも未定。
- 農地管理については、現行ルール（1990基準年のネット＝ネット）から変わらないとの見方が大勢。
- 京都議定書第1約束期間で、農地管理によるCO<sub>2</sub>吸収を算定するのは4カ国（カナダ、デンマーク、スペイン、ポルトガル）

# カナダ

- 農地は国土の5%程度
- 算定システムCAN AG-MARS
- 算出法: 活動量 × 排出(吸収)係数
- 計算単位: 土壌、地形、気候を重ね合わせたSLC (Soil Landscape Component) ポリゴン。全国で3500ほど。
  
- 活動量: センサス、統計、衛星データ等から把握。
- 排出係数: CENTURYモデルを用いて係数を設定。
  
- 算定する営農管理の例  
耕起の種類、夏期休閑、多年生植物の栽培などの面積の変化



デンマーク:

- ・第1約束期間で吸収源として農地管理等を選択

## Denmarks choice of Kyoto Protocol

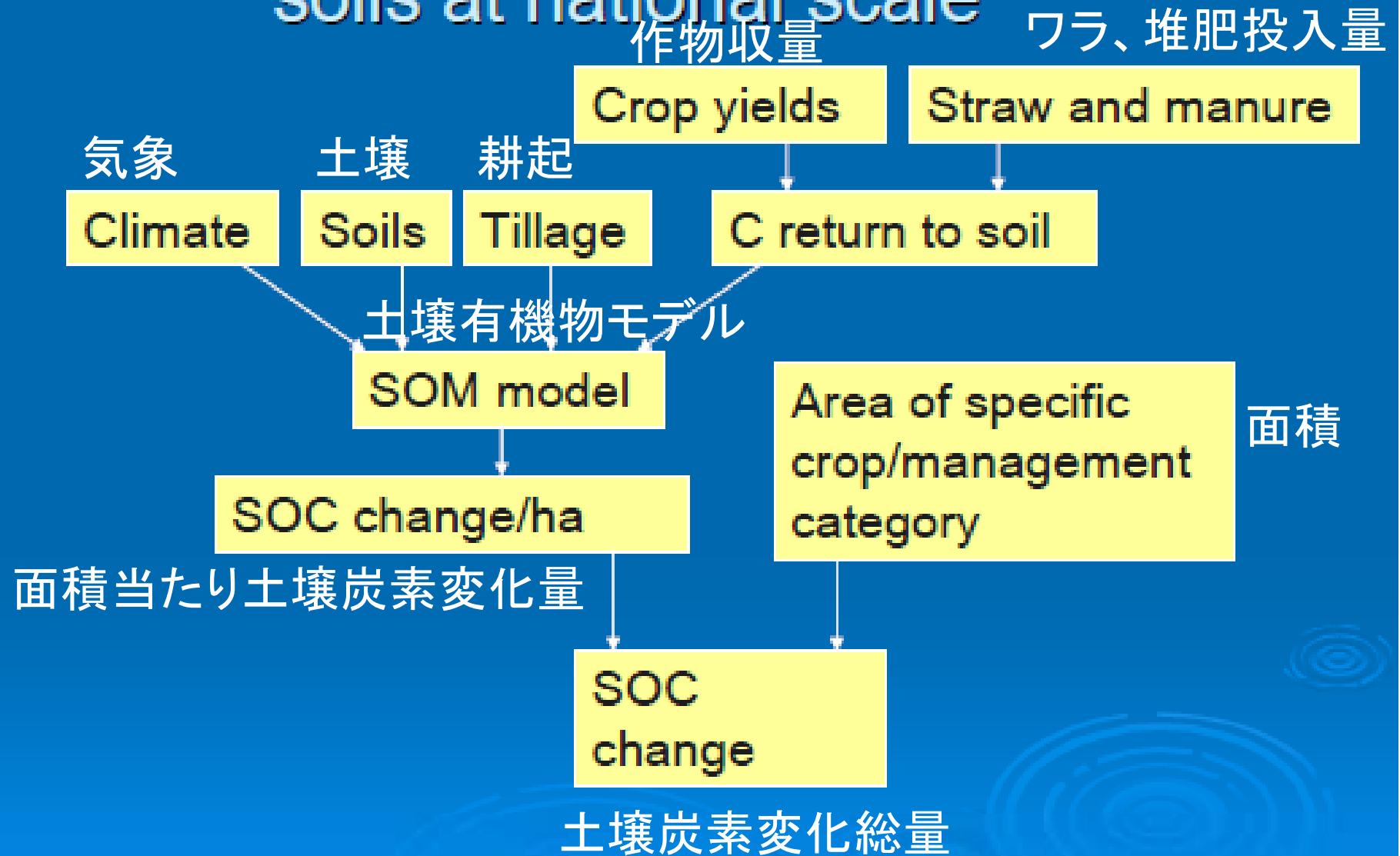
### Article 3.4 activities and experiences gained

- ・43000km<sup>2</sup>の国土の65%が農地
- ・森林、農地などの吸収源が国の排出の2%程度

# 想定する農地管理 Management

- Prohibition of field straw burning in 1990 ワラの野焼きの禁止
- Changed agricultural activities on organic soils 有機質土壌の管理の変更
- New shelter belts - 600-800 km/year 緩衝帯
- Reduced liming 石灰施用量を削減
- A more natural forest ecosystem based on indigenous species and natural regeneration

# Modelling soil C change in mineral soils at national scale



Tier3: モデルによる算定

期待される吸収量(農地管理と草地管理)

## Expected result, CM and GM

正味の排出量(マイナスは吸収:百万トンCO<sub>2</sub>/年)

Net emissions (mill. tonnes CO<sub>2</sub>/year)

Source	1990	2008-12	
Mineral soils 鉱質土壌	1.54	0.24	
Organic soils 有機質土壌	1.15	1.05	
Hedges 生垣	0.02	-0.17	
Fruit trees 果樹	0.00	0.00	
Liming 石灰施用	0.57	0.22	
Total	3.28	1.34	
Change relative to 1990		-1.94	純排出/吸収量

The likely estimate is 1.6 to 2.3 mill. tonnes CO<sub>2</sub>/year  
or 8.0 to 11.5 mill. tonnes for the commitment period.

年間160～230万トンCO<sub>2</sub>の吸収を見込んでいる

# スペイン・ポルトガル

- 2010年3月に訪問調査
- 訪問先: **スペイン**(コルドバ大学)、**ポルトガル**(環境庁、農業省、リスボン工科大学)

## 調査項目

- **政策的な事項**: 両国が京都議定書3条4項の農地管理を選択した背景や、**想定している農地管理活動**の種類と実施規模、普及に向けた取り組みなどを調査
- **研究・技術的な事項**: 想定する農地管理を行った場合の土壤炭素量の変動を把握するための**モニタリング**や**モデル予測の手法**、**活動量**(実施面積、資材の投入量など)の把握手法などについて。

## スペイン(研究:コルドバ大学)

- 1986年開始の長期連用試験
- 輪作体系と不耕起の組合せで、土壌炭素増加
- 国全体をカバーする試験ではない(あくまで一地方大学)。

### 国全体について聞きとり

- 土壌図はある。1990年ごろ。
- 定点調査のような土壌モニタリングはやっていない。
- 長期連用試験も、多数はない。
- 国全体をカバーするような活動量データはない。

IPCCガイドラインの、Tier1(デフォルトの原単位使用)で報告するしかない状況か？

## ポルトガル（行政：環境庁、農業省）

- 対象となる活動：**不耕起**、**マメ科牧草栽培**、省農薬、省肥料、有機肥料、堆肥、地域固有の品目品種
- このうち土壌炭素量が変化するのは、**不耕起**と**マメ科牧草栽培**だけ。それ以外は、伝統的に行われてきているので少なくとも減少はしない、すなわち排出ではないと考えている。
- 以前から農業者への直接支払あり、その申請書から**約90%の農地の活動量が把握可能**。それを京都議定書の農地管理に活用予定。
- **不耕起**や**マメ科牧草栽培**と土壌炭素量の関係は、大学がデータを取っている（後述）
- 土壌図：50-60年代に作った100万分の1。一部地域は、さらに大縮尺のものがある。
- 土壌モニタリング：森林と農地あわせて全国約400点。1990頃と2007頃のデータがある。

## ポルトガル(研究:リスボン工科大学)

- マメ科牧草の播種と土壌炭素量の関係
- 国内8か所の圃場試験。現在8年目で、継続中。
- 0-10cmの土壌において、4.7-5.0tCO<sub>2</sub>/ha/yrの効果。サイト間の違いは大きくない。
  
- 不耕起については、効果は2tCO<sub>2</sub>/ha/yr程度とのこと(別機関:エボラ大学が担当)

IPCCガイドラインのTier2(国独自の原単位を使用)で報告する体制。



# 国際動向(研究)

## 農地土壌への炭素蓄積～研究の種類

	圃場スケール	国レベルなど広域スケール
管理と土壌炭素量変動の関係	伝統的なテーマ	最近
土壌炭素の賦存量推定		最近

- ・圃場スケール(点)から広域(面)へ
- ・メカニズム解明→モデル化→広域評価

- ・経験式:原単位法(係数×面積)
- ・メカニズムを取り込んだモデル

# ここ数年の文献調査(2008.11時点) 「国レベルの広域評価」に関するもの

## 内容で分類

- ・現在の土壌炭素の賦存量推定、過去から現在の変化量算出
- ・管理(不耕起、有機物投入、etc)の違いによる土壌炭素の増減

## 手法で分類

- モニタリング: 土壌調査、土壌図など
- モデル: RothC、CENTURY、DNDCなど

## 国レベル: モニタリングをもとにした研究 (現在の賦存量、または過去～現在の変化)

- 米国 (Paustianら1998、Eveら2001、Sperowら2003)
- 英国 (Smithら2001、Bradleyら2005)
- ベルギー (Goidtsら2005、Lattensら2005)
- オーストリア (Gingrichら2007)
- オランダ (Schulpら2008)
- ニュージーランド (Tateら2005、Schipperら2007)
- 中国 (Cai1996、Wuら2003、Zhouら2003、Yuら2007、Liら2007、Zhangら2008、Miら2008)
- ヨルダン (Batjes2006)
- ケニア (Batjes2004)
- 中央アフリカ (Batjes2008)
- インド (Bhattacharyyaら2008)
- エチオピア (Girmayら2008)
- ブラジル (Maquereら2008)
- オーストラリア (Gomezら2008)

**近年、報告が急増**

**日本: 定点調査データ等を使って報告可能**

## 国レベル:モデルを用いた研究 シナリオのもとでの将来予測

- ベルギー ( van Wesemaelら2005) : RothC
- ヨーロッパ (Smithら2005) : RothC
- 英国 (Falloonら2006) : RothC
- ヨーロッパロシア・ウクライナ (Smithら2007) : RothC
- スウェーデン (Andrenら2008、Kattererら2008) : ICBMモデル
- マリ (Doraiswamyら2007) : EPIC-Century model
- 中国 (Liら2003、Tangら2006) : DNDC
- 中国 (Zhangら2007) : Huang Yaoモデル

・まだ報告が少ない。  
・シンプルで使いやすいRothCが多用。

日本: RothCで研究が現在進行中。近い将来公表。

# 国内政策：農地土壌によるCO2吸収の見積もり

- 農林水産分野における温室効果ガス排出削減・吸収効果等についての試算(中間整理)
- 平成21年11月27日農林水産省地球温暖化対策本部

森林・農地土壌における吸収源対策  
【～約4,140万t-CO<sub>2</sub>(吸収量) 1990年比～約3.2%】

## 農 地 土 壌

- 緑肥の作付面積を現在の98千haから216千haに拡大
- たい肥施用量が少ない水稲においてたい肥施用量を倍増

【▲約380万t-CO<sub>2</sub>】

- ・ 耕畜連携等地域資源の循環利用の促進にも資する
- ・ 化学肥料の低減にも資する
- ・ 地力の増進にも資する

緑肥作付の増大、水田で堆肥施用増大などで、  
380万トンCO<sub>2</sub>/年の吸収と試算(1990基準年のネット=ネット)

# 国内政策：環境直接支払い

## 平成23年度予算概算決定の概要：生産局農業環境対策課

### 1. 環境保全型農業直接支援対策

【[所要額] 4, 807(0) 百万円】

#### 対策のポイント

地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動に取り組む農業者に対して直接支援します。

#### <背景／課題>

- ・ 環境保全型農業については、新たな食料・農業・農村基本計画に基づき、地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動の普及拡大を図っていくことが必要です。
- ・ そのためには、現行の農地・水・環境保全向上対策における集落ぐるみでの共同活動が行われている地域かどうかにかかわらず、環境保全型農業の取組に対して幅広く支援を行っていくことが必要です。

#### 政策目標

地球温暖化防止等に効果の高い営農活動の環境保全効果：約49億円

温暖化防止や生物多様性保全に対して支払い←研究はバックデータ提供を期待

#### 7. 環境保全型農業に取り組む農業者等に対する直接的な支援

- (1) 農業者等が、化学肥料・化学合成農薬を原則5割以上低減する取組とセットで、地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動に取り組む場合、取組面積に応じた支援（国の支援額：4,000円/10a）を実施します。（環境保全型農業直接支払交付金）

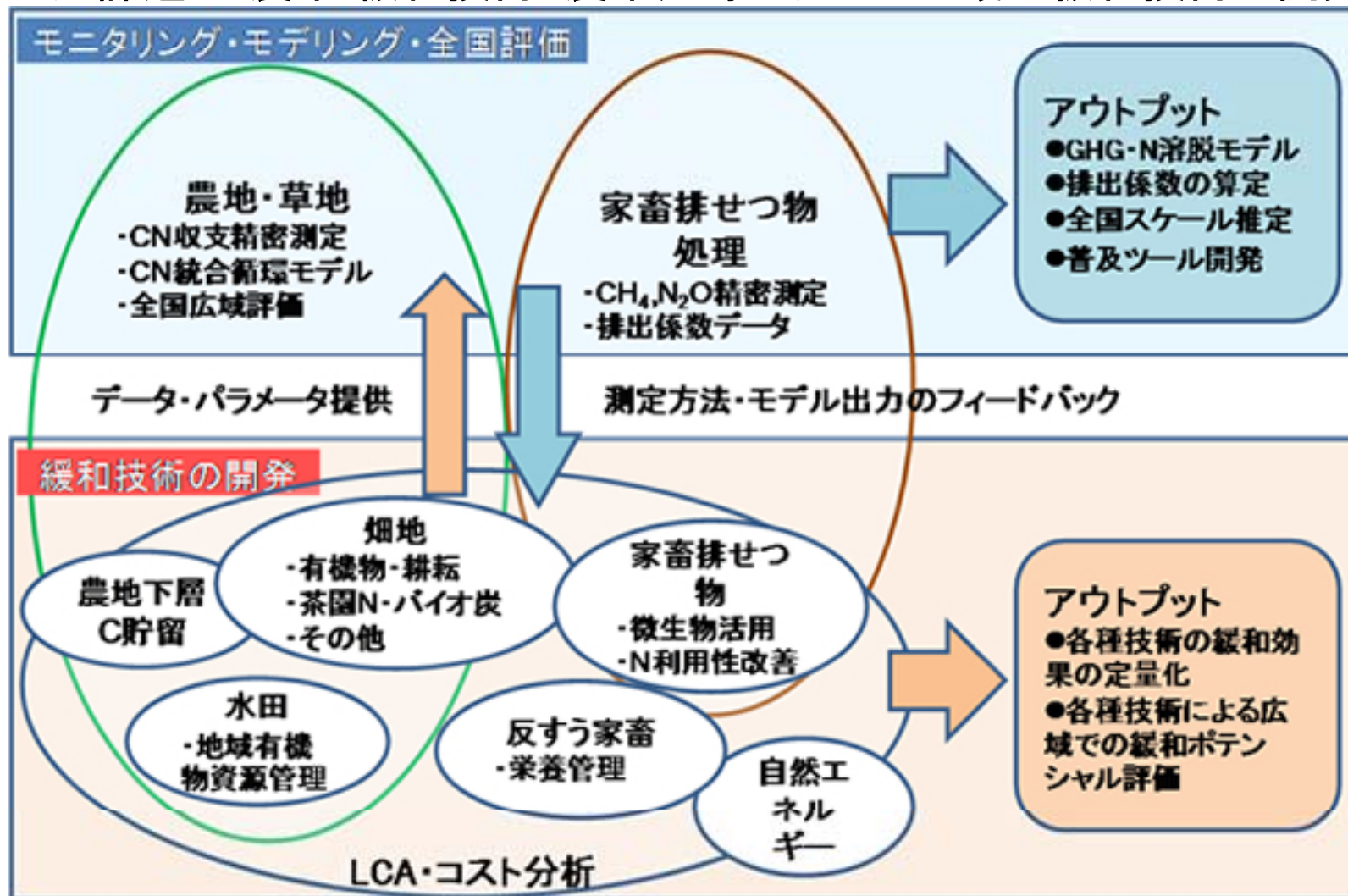
#### <具体的な営農活動>

- ・ カバー作物の作付け
- ・ リヒンクマルチ・草生栽培の実施
- ・ 冬期湛水管理
- ・ 有機農業の取組

# 国内研究 温暖化プロ: 農水・技術会議 (H22年度～)

## 農・林・水それぞれ緩和と適応の大課題

### 大課題1 農業-緩和技術-農業分野における温暖化緩和技術の開発



# 土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業 (農水省・生産局、H20年度～)

- 全国土壌炭素調査:約3000点/年(定点調査)  
0～30cmのSOC量モニタリング
- 農家アンケートによる活動量(農地管理)実体の把握  
有機物(作物残渣、堆きゅう肥)、肥料の施用量、水管理など
- 公立試験研究機関における長期連用試験結果から農地管理と土壌炭素の関係解明(基準点調査)



# 今後の課題

## 1. 緩和技術開発or技術の評価

- ・現在、研究の多くは、既存の技術の評価。
- ・モニタリング→メカニズム解明→モデル化、削減技術の評価
- ・広域で、3つのガスの総合評価可能な段階に。今後は、
- ・**ライフサイクルアセスメント(LCA)**
- ・**生産性や、他の環境負荷(地下水硝酸Nなど)とのトレードオフ。**
- ・**新しい技術開発は可能か？**

## 2. 広域緩和ポテンシャル評価

- ・精緻化：不確実性を減らすには？
- ・不確実性には2つある(モデル性能、入力データ)
- ・モデルの検証、改良(圃場スケール。**長期データ**が重要)
- ・**入力データの面的整備**(気象、土壌、土地利用、活動量(管理))