資料2

農地土壌が有する多様な公益的機能と土壌管理のあり方（1）

平成19年12月

農林水産省生産局環境保全型農業対策室

目　　次

１　土壌機能をめぐる状況
（1）これまでの我が国の取組み　…… 1
（2）EUにおける取組み　…… 2
（3）米国における取組み　…… 3
（4）土壌が有する多様な機能　…… 4

２　土壌が有する公益的機能
（1）作物生産機能　…… 5
（2）炭素貯留機能　…… 7
（3）物質循環機能　…… 12
（4）水質・大気の浄化機能　…… 14
（5）生物多様性の保全機能　…… 17
（6）農地土壌が有する公益的機能　…… 18

３　農地土壌の公益的機能の評価
（1）炭素貯留機能　…… 19
（2）物質循環機能　…… 30

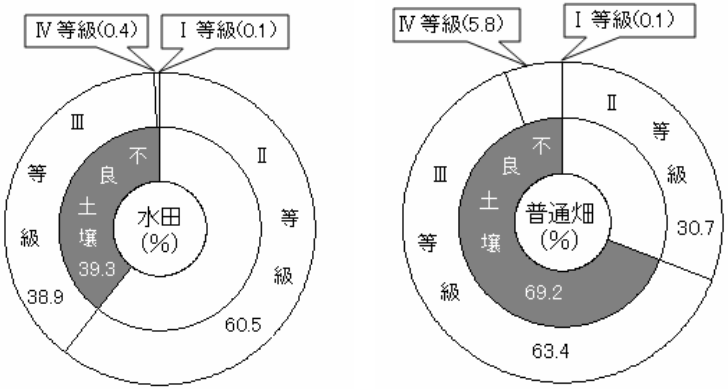
４　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動
（1）有機物の施用　…… 32
（2）土壌診断に基づく適正な施肥　…… 38
（3）不耕起栽培　…… 40
（4）土壌侵食防止のための土壌管理　…… 43
（5）土壌改良資材の施用　…… 46
（6）多毛作　…… 47

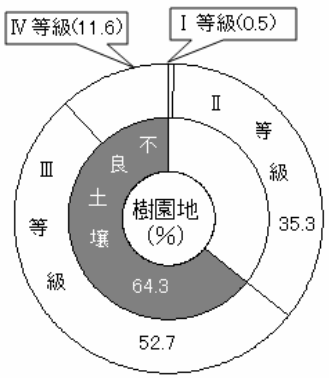
1　土壌機能をめぐる状況

（1）これまでの我が国の取組み

○　これまで我が国では、食料の安定供給や持続的な農業生産の確保の観点から、土壌の性質に由来する農地の生産力の維持増進を図ってきたところ。
○　また、たい肥の施用等を通じた土づくりは、保肥力の向上等を通じて肥料の利用効率の向上等に資することから、環境保全型農業の推進に当たっても土づくりを基本としてきたところ。

○我が国の農地土壌の生産力区分





Ⅰ等級：良
Ⅱ等級：普通
Ⅲ等級：不良
Ⅳ等級：極めて不良

資料：地力保全基本調査

○地力増進基本指針

＜目的＞
土壌の性質に由来する農地の生産力（地力）の増進

Ⅰ　土づくりのための基本的な土壌管理の方法及び適正な土壌管理の推進

① 有機物施用

○　たいきゅう肥の標準的な施用量

水田	1-1.5ﾄﾝ/10a (稲わらたい肥)
普通畑	1.5-3ﾄﾝ/10a (稲わらたい肥)
樹園地	草生栽培や敷わら利用

② 適正な施肥

③ 的確な耕うん

* この他、耕種部門と畜産部門との連携等による有機物資源の組織的なたい肥化とその利用体制の整備等を推進

Ⅱ　土壌の性質の基本的な改善目標及び基本的な改善方策

Ⅲ　その他地力の増進に関する重要事項

① 環境保全型農業の推進

② 水田高度利用に際しての留意事項

③ 土壌侵食対策

1　土壌機能をめぐる状況

（2）EUにおける取組み

○　EUでは、土壌が人類の生活にとって大気や水と同様にきわめて重要な役割を有しているにもかかわらず、その重要性が十分に認識されていないことから、土壌*の多様な機能について明確化するとともに、こうした機能を保全するための施策の枠組みを策定したところ。
※　ここでの土壌とは、農地土壌以外の一般の土壌も含んでいる。

○土壌劣化の進行

①土壌侵食
不適切な営農により、１．２億ｈａが水による侵食、０．４億ｈａが風食のﾘｽｸにさらされており、これは今後もさらに深刻化するおそれ

②有機質の減少
不適切な営農により、「有機質含量が低い」又は「非常に低い」に分類される土壌が域内の４５％を占めており、これは今後もさらに深刻化するおそれ

③圧密
家畜の過放牧や重機の不適切な使用により土壌の圧密が進行

④塩類集積
不適切なかんがいや植生の変化により塩類集積が３８０万ｈａで発生

⑤地滑り
人口増加や山のレジャー開発等により地滑りの潜在的脅威が増加

⑥土壌汚染
汚染土壌が３５０万ｈａ存在すると見込まれ、うち５０万ｈａで汚染が確認され、修復が必要な状態となっており、水質や水生動物の生態系への影響が見られる。

⑦Sealing（道路やコンクリートによる被覆）
域内の９％の土壌がSealingされ、土壌機能に不可逆的な損失をもたらしている。

○「第6次環境行動計画 (EAP)」(2002-2012)における土壌保全に関する分野別戦略 (2006.9.22 EU委員会承認)

1．施策の必要性に関する背景

2．土壌保全に向けたEU共通施策の枠組み（案）

土壌保全の枠組みの構築及び指令2004/35/ECの改正のための指令（案）

（目的）
土壌が有する次の機能に着目して、その保全を図ること。
① バイオマス生産（農林業を含む）
② 養分、物質及び水の蓄積、ろ過及び変換
③ 生息環境、生物種及び遺伝子等生物多様性のプール
④ 人間及び人間活動のための物理的・文化的環境
⑤ 原料の源泉
⑥ 炭素貯留
⑦ 地質学的・考古学的遺産の保存

（加盟国の義務）
土壌機能を損なう行為を行う土地所有者に対して、その影響の軽減措置を講じさせる仕組みの導入の義務化等

3．土壌保全施策に関する経済分析

1　土壌機能をめぐる状況

（3）米国における取組み

○　土壌侵食等が大きな問題となっている米国においても、土壌を大気、水、生態系と並ぶ環境資源ととらえ、国民の合意の下、これを保全するための施策が講じられている。

○土壌侵食の進行

・水による侵食：約10億トン（2003年）

・風による侵食：約7．5億トン（2003年）

写真：土壌侵食に関する研究者が管理・運営する"SOIL Erosion Site"より

○主な農業環境施策の概要

＜目　的＞

① 土壌の保全
② 水質の保全
③ 生態系の保全
④ その他
（大気の質の保全、エネルギー（省エネ及びﾊﾞｲｵ燃料供給の両面）、農村景観の保全等）

＜主な事業＞

① 土壌保全留保計画 (CRP)
土壌侵食を起こしやすい農地を休耕し、植物で被覆すること等に対する助成。

② 湿地保全計画 (WRP)
元湿地の農地を湿地に戻し、その保護を行うこと等に対する助成。

③ 環境改善奨励計画 (EQIP)
家畜排せつ物管理施設の整備、総合的病害虫管理（IPM）、土壌条件に応じた効率的な施肥等、水質保全、土壌流亡の防止等に効果がある取組の導入に対する助成。

④ 保全保証計画 (CSP)
ｶﾊﾞｰｸﾛｯﾌﾟの作付け、等高線栽培、IPMなど土壌・水・大気・野生生物生息地等の環境資源の保全と改善に資する活動の実施に対する助成。

1　土壌機能をめぐる状況

（4）土壌が有する多様な機能

○　我が国でも、農地土壌を含む土壌の機能について、多くの識者や団体により整理が行われてきたところであるが、これを国民共有の財産として将来にわたって保全していくためには、土壌の有する多様な機能を明確化するとともに、その機能を適切に評価していくことが重要。

○土壌が有する多様な機能

	土壌資源の保全を求めて（土壌・肥料・植物栄養学研究連絡委員会）	土壌を愛し、土壌を守る（ペドロジー学会）	「土壌サイエンス入門」（木村ら）[1]	土壌資源研究会講演（和田）	「土とは何だろうか？」（久馬）[2]	「環境土壌学」（岡崎ら）[3]	（参考）EUにおける土壌機能の区分
多様な機能	植物の生産	生産	植物等の生産		植物の生産	植物の生産	バイオマス生産
	水や物質の循環（貯留、浄化、緩衝、変換）	分解（有機物分解）	分解・浄化	水の循環調整	有機物の分解を通じた元素の生物地球化学的循環、水の循環調整		養分・物質・水の蓄積、ろ過、変換
		環境保全（浄化等）	水の循環			（水質、汚染物質の）浄化	
		環境保全（炭素貯留）	炭素貯留				炭素貯留
		保水				貯水・透水	
			大気組成の維持		大気組成の恒常性の維持		
	動植物、微生物の多様性の保全	環境保全（生物の生息場所の提供）	生物多様性の保全	土壌生物の多様性の保全	陸生生物の維持		生息環境・生物種・遺伝子等の生物多様性のプール
				有用微生物・遺伝子の供給			
	工業製品の原料の提供		原料の供給				原料の供給
				文化の発達・維持		アメニティ機能、自然教育・教材	人間及び人間活動のための物理的・文化的環境
	景観や文化的遺産の保全		歴史の貯蔵庫、景観の保全	地史・歴史資料の維持		文化財の保存	地質学的・考古学的遺産の保存
			構造物の支持				

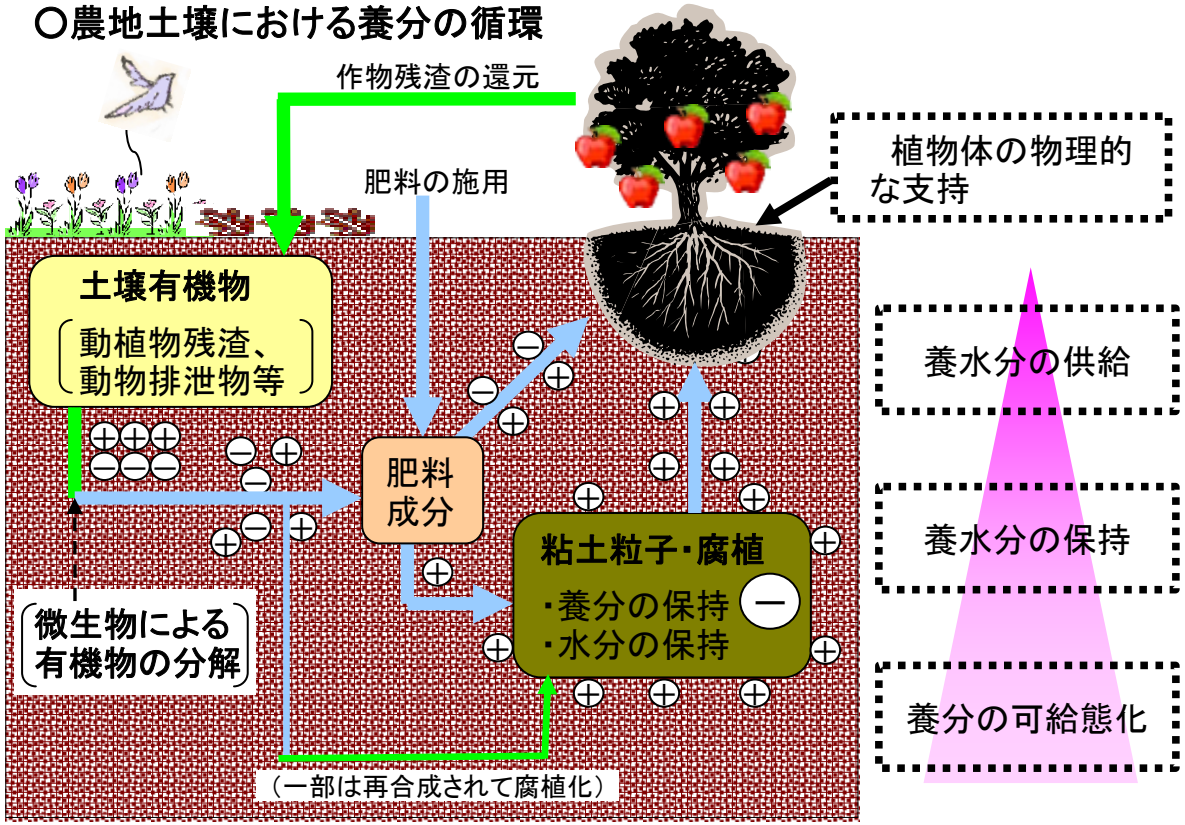
注1：三枝正彦／木村真人（文永堂出版（2005年））
注2：久馬一剛（京都大学学術出版会（2005年））
注3：松井健／岡崎正規（朝倉書店（1993年））

2　土壌が有する公益的機能

（1）作物生産機能

○　土壌は、作物の生育に必要な養水分を蓄積、供給するとともに、植物体を支持する役割を有しており、植物の生産装置として重要な役割を果たしている。
○　農地土壌においては、施肥による土壌への養分の供給や有機物の施用による土壌微生物の活性化、土壌の団粒化の促進等により、作物生産機能の増進が図られている。

○農地土壌における養分の循環



（参考）
・土壌中の粘土粒子や腐植は、通常、マイナスに荷電している。
・このため、これらには陽イオン（肥料成分等）が吸着され、土壌の保肥力の源泉となっている。

○有機物の施用の効果（作物生産面）

有機物の施用は、養分の供給のみならず団粒構造の形成の促進を通じ、以下のような効果。

・土壌の通気性・透水性の改善

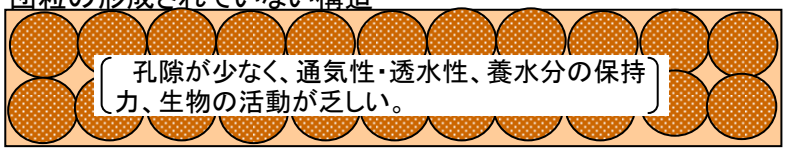
・養水分の保持能力の向上

・土壌動物・微生物の活性の向上

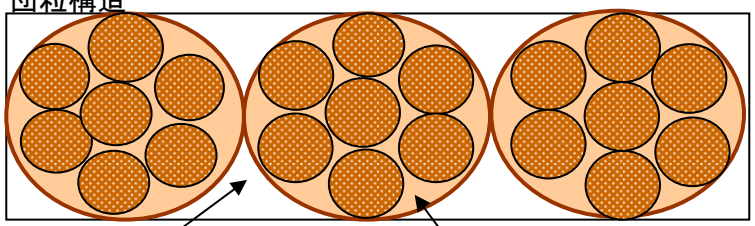
（参考）土壌の団粒構造

有機物の施用によって土壌動物・微生物の活動が高まり、その分泌物が接着剤として働くことで、土壌中に大小の孔隙が発達した構造。

団粒の形成されていない構造



団粒構造



大孔隙
・空気・養水分の通路
・植物根・小動物の通路

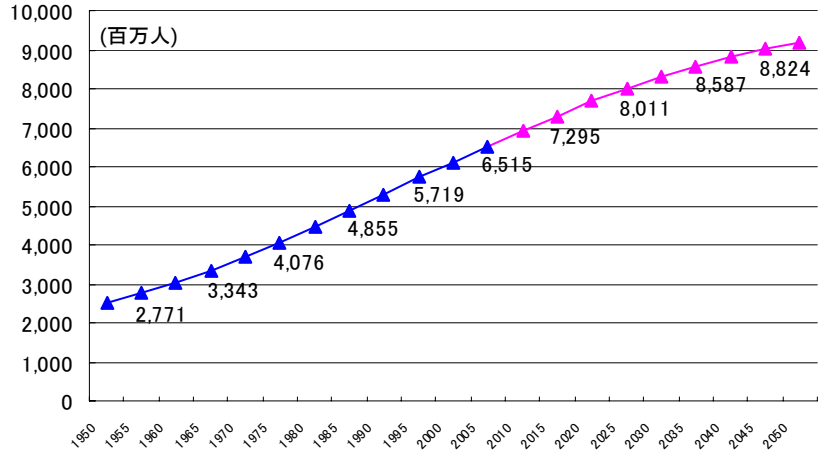
小孔隙
・養水分の保持
・微生物の生息

2　土壌が有する公益的機能

（1）作物生産機能

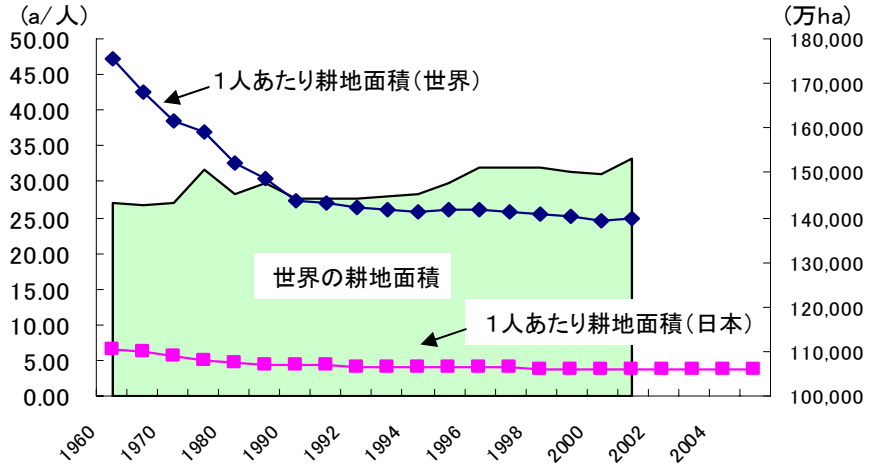
○　世界の人口が増加する一方で、土壌侵食、塩類集積等の砂漠化により既存の農地土壌の消失が進んでおり、一人当たり農地面積は減少。
○　限りある農地土壌の作物生産機能を高いレベルで維持・保全することは我が国の食料安全保障にとっても重要。

○世界の人口の推移と予測



データ：国連Population Division

○世界の耕地面積の推移と人口１人当たり耕地面積



データ：世界の耕地面積（FAO　STAT）、国連Population Division、日本の耕地面積（統計部）、日本の人口（総務省統計局）

○世界の土壌侵食の現状

土壌侵食に起因して500-700万ha/年の耕地が消失	FAO
人為的要因で260億t/年の表土が消失	Science誌（1995）

○世界の塩類集積の現状

(単位：万ha)

世界の耕地（15億ha）に占める塩類集積土壌面積	3,200

データ：FAO／UNESCO (1991)

○世界の砂漠化の現状とその要因

36億ha（陸地の約1/4)が砂漠化の影響	UNEP（1991）

人為的要因による砂漠化面積　　(単位：100万ha)

	ｱﾌﾘｶ	アジア	ｵｾｱﾆｱ	ﾖｰﾛｯﾊﾟ	北　米	南　米
森林伐採	18.6	115.5	4.2	38.9	4.3	32.2
過放牧	184.6	118.8	78.5	41.3	27.7	26.2
不適切な農地・水管理	62.2	96.7	4.8	18.3	41.4	11.6
過開墾	54.0	42.3	2.0	2.0	6.1	9.1
その他	0.0	1.0	0.0	0.9	0.0	0.0
合　計	319.4	370.3	87.5	99.4	79.5	79.1

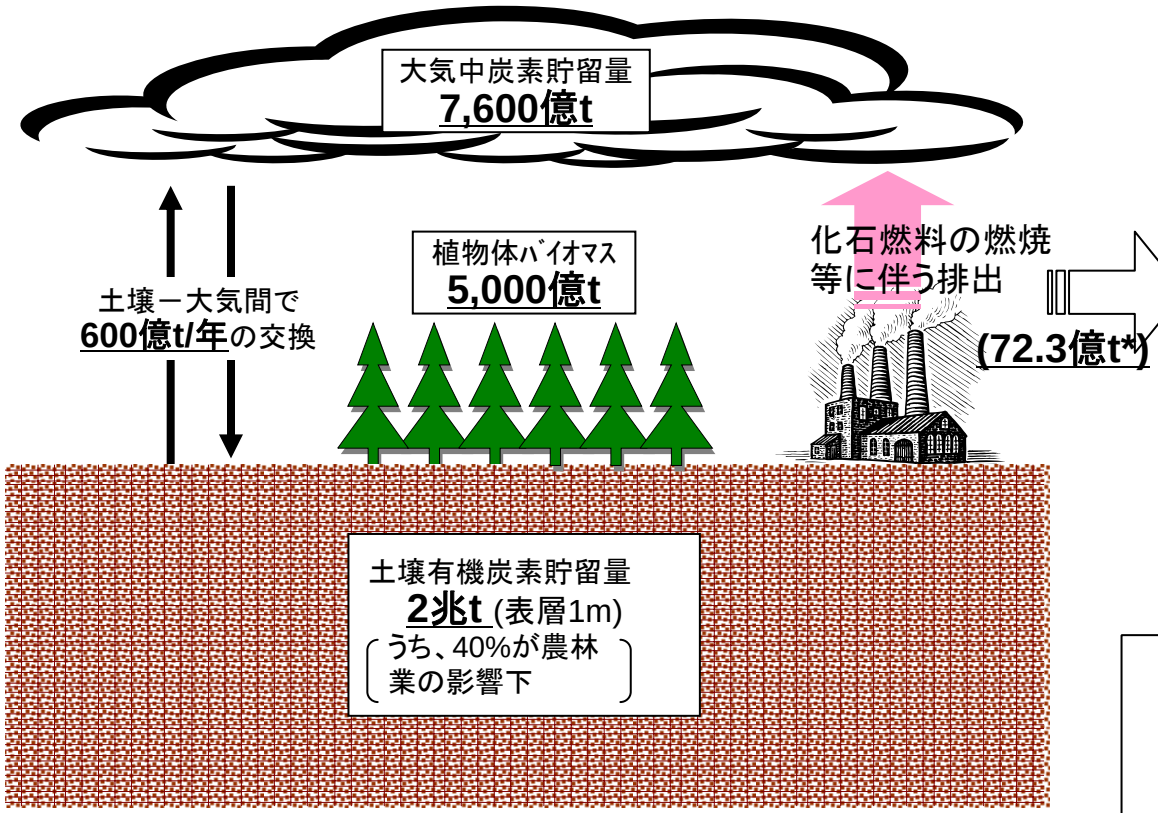
データ：UNEP (1997)

2　土壌が有する公益的機能

（2）炭素貯留機能

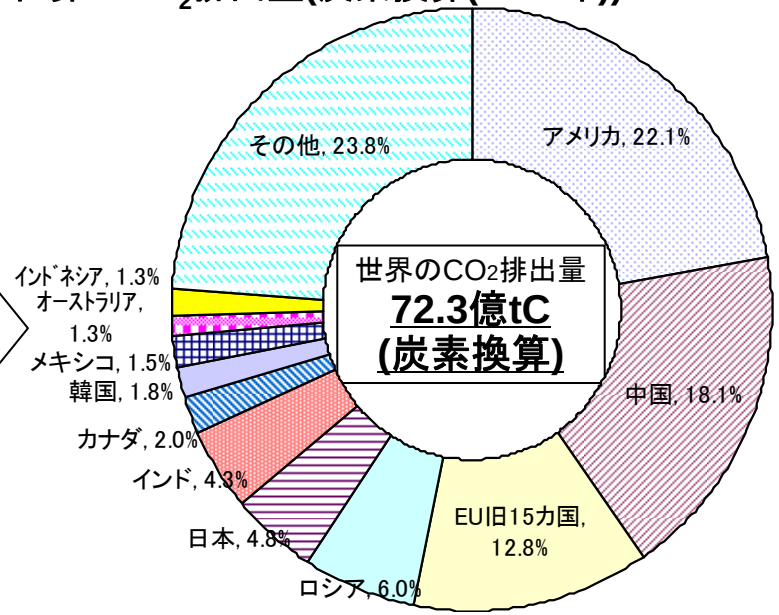
○　土壌は、地球規模の炭素循環、炭素の貯留の場として重要な役割を果たしている。
○　土壌は、表層1mに約2兆tの炭素を土壌有機物の形態で保持しており、これは大気中の炭素の2倍以上、植物体バイオマスの約4倍に相当し、その増減は地球温暖化に大きな影響を及ぼす。

○世界の土壌・大気における炭素貯留量の推定



出展：OECD「土壌有機炭素に関する専門家会合報告書」(2003)を基に作成
（土壌には、有機炭素とは別に無機態の炭素9500億t(Science誌2004年6月11日号)が存在している。）
注：化石燃料等の燃焼に伴う排出は、ｴﾈﾙｷﾞｰ経済統計要覧（2007年版）より

○世界のCO_2排出量(炭素換算(2004年))



（参考）これまでの炭素排出量の推計

（1）森林伐採等の土地利用の変化に伴う排出
産業革命以前(7800年間)；3,200億tC (0.4億tC/年)
産業革命以後(1850-1998)；1,360±500億tC (5.4-12.7億tC/年)
(うち農地土壌の侵食等；780±120億tC)

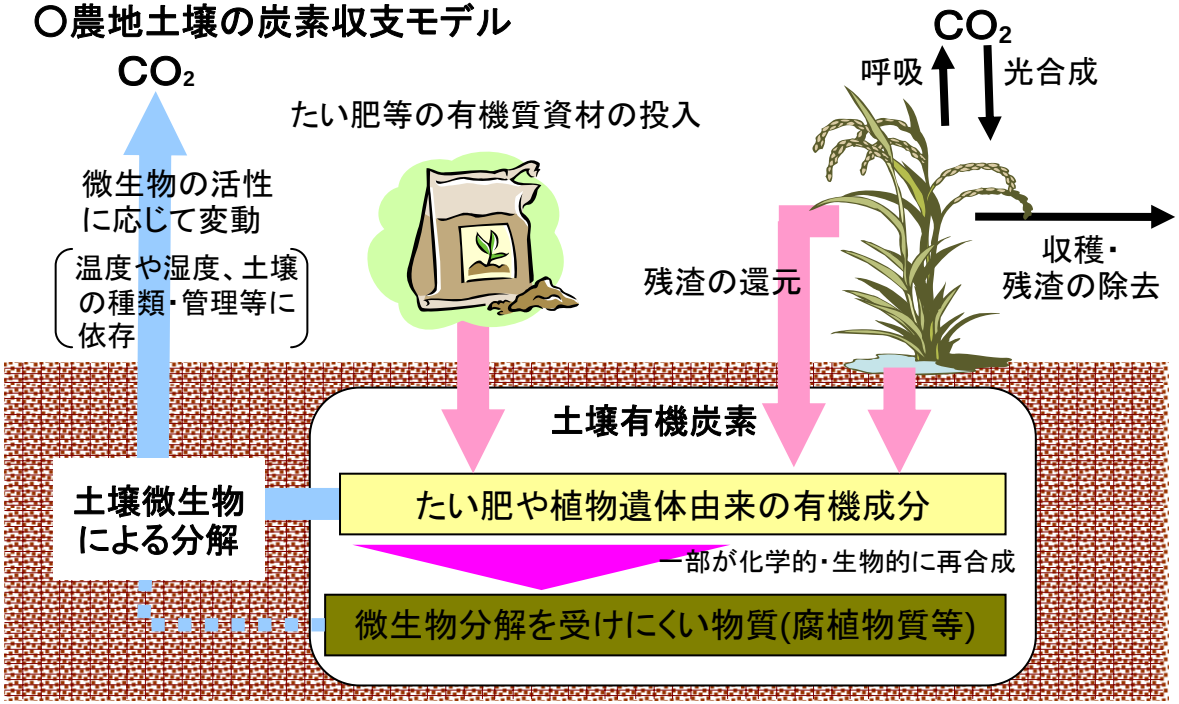
（2）化石燃料の燃焼に伴う排出
産業革命以前(7800年間)；0
産業革命以後(1850-1998)；2,700±300億tC (16-20億tC/年)

出典：Science誌2004年6月11日号

（2）炭素貯留機能

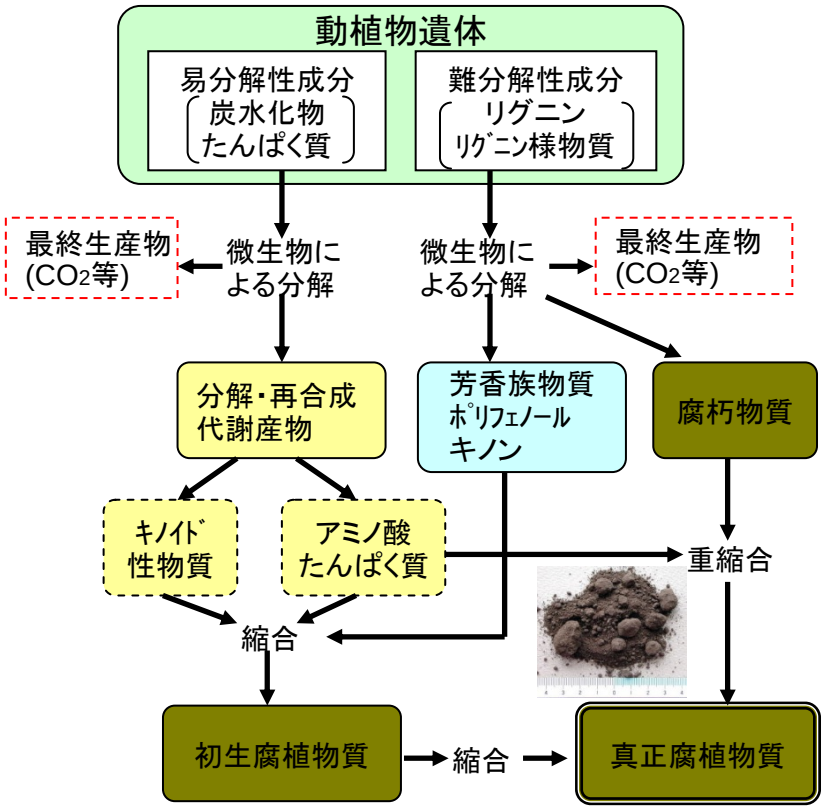
○　植物は光合成により大気中の炭素を固定して成長する。こうした植物体が農地土壌にすき込まれると、有機物中の炭素は微生物による分解により相当程度は二酸化炭素として大気中に放出されるが、その一部は難分解性の物質（腐植物質等）となり、土壌有機炭素として長期間貯留される。
○　この際、耕起等により農地の土壌の表面を攪拌すれば、酸素が土壌中に供給され、土壌微生物の活性が高まることから、その分解は促進され、二酸化炭素の放出が大きくなる。

○農地土壌の炭素収支モデル



（参考）腐植物質の生成プロセス

腐植物質とは、微生物による有機物の分解産物から化学的・生物的に再合成された難分解性の不定形高分子有機化合物。



出典：「最新土壌・肥料・植物栄養事典」（三井進午）

（参考）有機物1t/ha/年を施用し続けた場合の土壌中有機物の蓄積量

成分名	平均滞留時間	年間蓄積量
易分解性植物成分	1.0年	10 kg/ha
難分解性植物成分	3.9年	120 kg/ha
微生物等バイオマス	25.9年	10.8 kg/ha
物理的に安定化された有機物	94.8年	119 kg/ha
化学的に安定化された有機物　(腐植物質)	2,565年	4.8kg/ha
土壌有機物全体	1,334年	265 kg/ha

データ：Jenkinson & Rayner (1977)

2　土壌が有する公益的機能

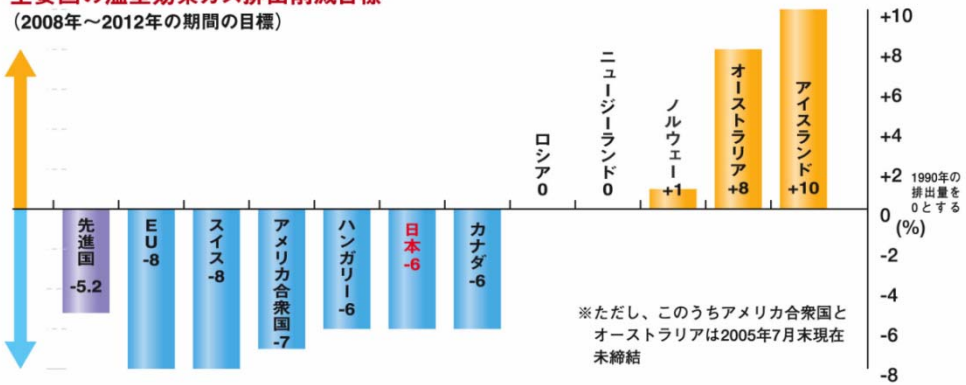
（2）炭素貯留機能

○　京都議定書では、気候変動枠組条約の目的を達成するため、2008年～2012年において温室効果ガスを先進国全体で1990年比で5%以上削減することとし、国別に削減目標（日本は6%）を課している。
○　2008年～2012年（第1約束期間）においては、京都議定書第3条第3項に基づく1990年以降の新規植林等による純吸収量及び同第3条第4項に基づく森林経営・農地管理等による純吸収量を総排出量から控除することが認められている。（ただし、森林経営・農地管理等の適用については各国が選択）。

○京都議定書の概要

対象ガス	二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等3ガス（ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、六ふっ化硫黄）
基準年	1990年（代替フロン等3ガスは1995年としても可）
約束期間	2008年～2012年の5年間
内　容	・温室効果ｶﾞｽの排出量に関する数値目標の設定 ・国際的に協調して効果的に目標を達成するための仕組み（京都メカニズム）の導入 （・共同実施 ・クリーン開発メカニズム ・排出量取引）

京都会議で決められた
主要国の温室効果ガス排出削減目標
（2008年～2012年の期間の目標）



京都議定書でいうEUとは、当時の加盟15カ国…ドイツ・イギリス・イタリア・フランス・スペイン・オランダ・ベルギー・ギリシャ・オーストリア・ポルトガル・フィンランド・スウェーデン・デンマーク・アイルランド・ルクセンブルク

出典：全国地球温暖化防止活動推進センター

○京都議定書をめぐる主要な流れ

1994年　気候変動枠組条約の発効
（・温室効果ｶﾞｽの排出・吸収目録の作成
・温暖化対策の計画策定とその実施　等）

1997年　京都議定書が採択（COP3）
（・温室効果ｶﾞｽの排出量に関する数値目標の設定
・約束を達成するための国際的協調の下の仕組み）

2001年　マラケシュ合意（COP7）
京都議定書の運用ルールについての合意
（新規植林等（京都議定書第3条第3項）に加えて、
・森林管理（我が国では1300万tを限度）
・放牧地の管理
・農地土壌の管理
・植生の管理（都市緑化等）
を吸収源としてカウントすることが認められた。）

2002年　日本の京都議定書批准

2005年　京都議定書の発効

ﾏﾗｹｼｭ合意で追加された4項目を第1約束期間において選択する場合は、事前の審査

2008年　第1約束期間開始

（参考）
農地土壌を吸収源として選択している国
・ポルトガル
・スペイン
・デンマーク
・カナダ

2　土壌が有する公益的機能

（2）炭素貯留機能

○　我が国では、農地土壌の純吸収量の算出に必要なデータが十分でないことから、第1約束期間については農地土壌を吸収源として選択していない。
○　各国において京都議定書の温室効果ｶﾞｽ削減目標の達成が厳しい状況となっている中、農地土壌の炭素貯留機能に着目した施策が講じられているほか、次期枠組みづくりに向けた交渉においても農地土壌の吸収源としての役割により大きな注目が集まっているところ。

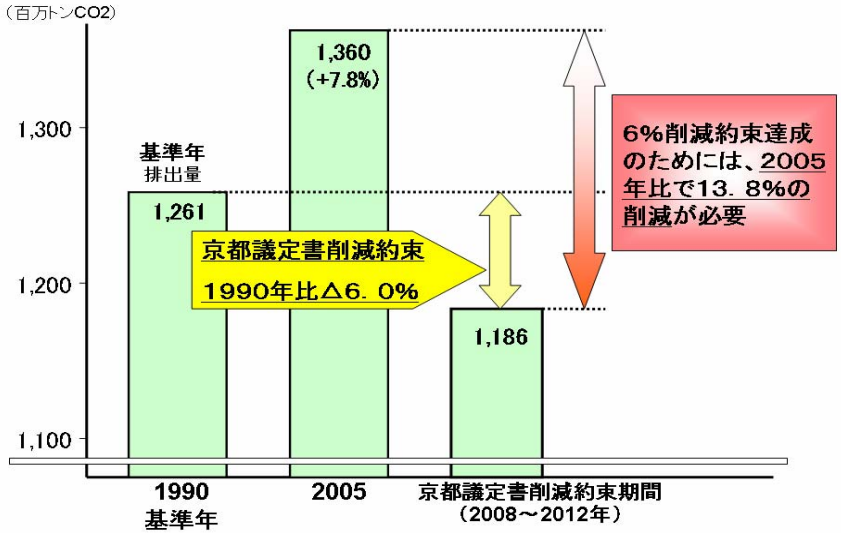
○地球温暖化問題の現状

(1) 京都議定書6%削減約束の達成は難しい状況
- 2005年度は基準年比で約7．8%増加

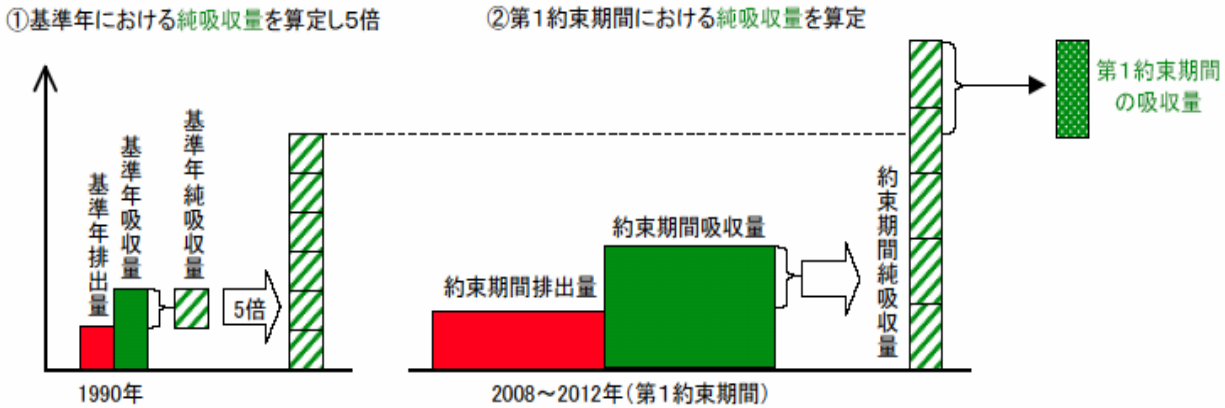
(2) IPCC（気候変動に関する政府間パネル）報告書
- 地球温暖化は加速的に進行していると断定
- 農林水産業にも深刻な影響が生じると予測

(3) 世界全体で地球温暖化対策を推進する必要

我が国の温室効果ガス排出量の推移



○農地土壌による吸収量の算定方法



2　土壌が有する公益的機能

（2）炭素貯留機能

○　これまでの土壌調査の結果を踏まえると、我が国の農地土壌においては、表層30cmに、水田で1.9億t、畑で1.6億t、樹園地で0.3億t、合計3億8千万トンの炭素を貯留していると試算される。
○　こうした農地土壌が貯留している大量の炭素は営農活動によって増減することから、適切な土壌管理を通じてこれを一定のレベルに維持することが地球温暖化の防止にとって重要な課題。

○我が国の農地土壌の炭素貯留量（試算値）(1994-1998年の平均)

水田	185百万炭素t
普通畑	164百万炭素t
樹園地	30百万炭素t
合　計	**380百万炭素t**

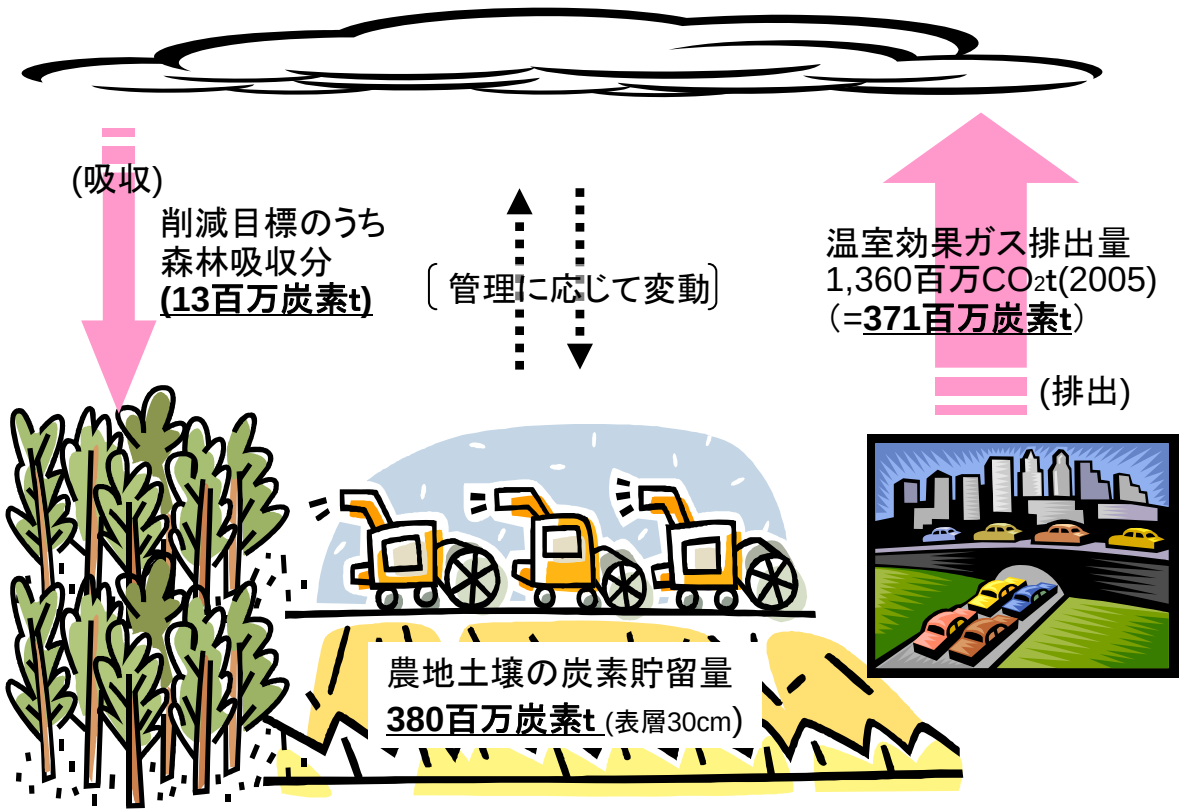
注：データは作土30cmのもの。合計はラウンドの関係で一致しない。
土壌環境基礎調査（1994−1998）のデータに基づき次の式で算出。

炭素貯留量（炭素トン）
＝Σ{ 全炭素含有率(%) ×仮比重×土壌統別面積割合×耕地面積}

（参考）我が国の温室効果ｶﾞｽ削減目標

基準年(1990)の排出量	1,261百万CO_2t ＜344百万炭素t＞
目標（2008−2012）	1,186百万CO_2t ＜323百万炭素t＞ （基準年比▲6%）
削減目標量	76百万CO_2t ＜20.7百万炭素t＞
削減目標のうち森林吸収分	＜13百万炭素t＞

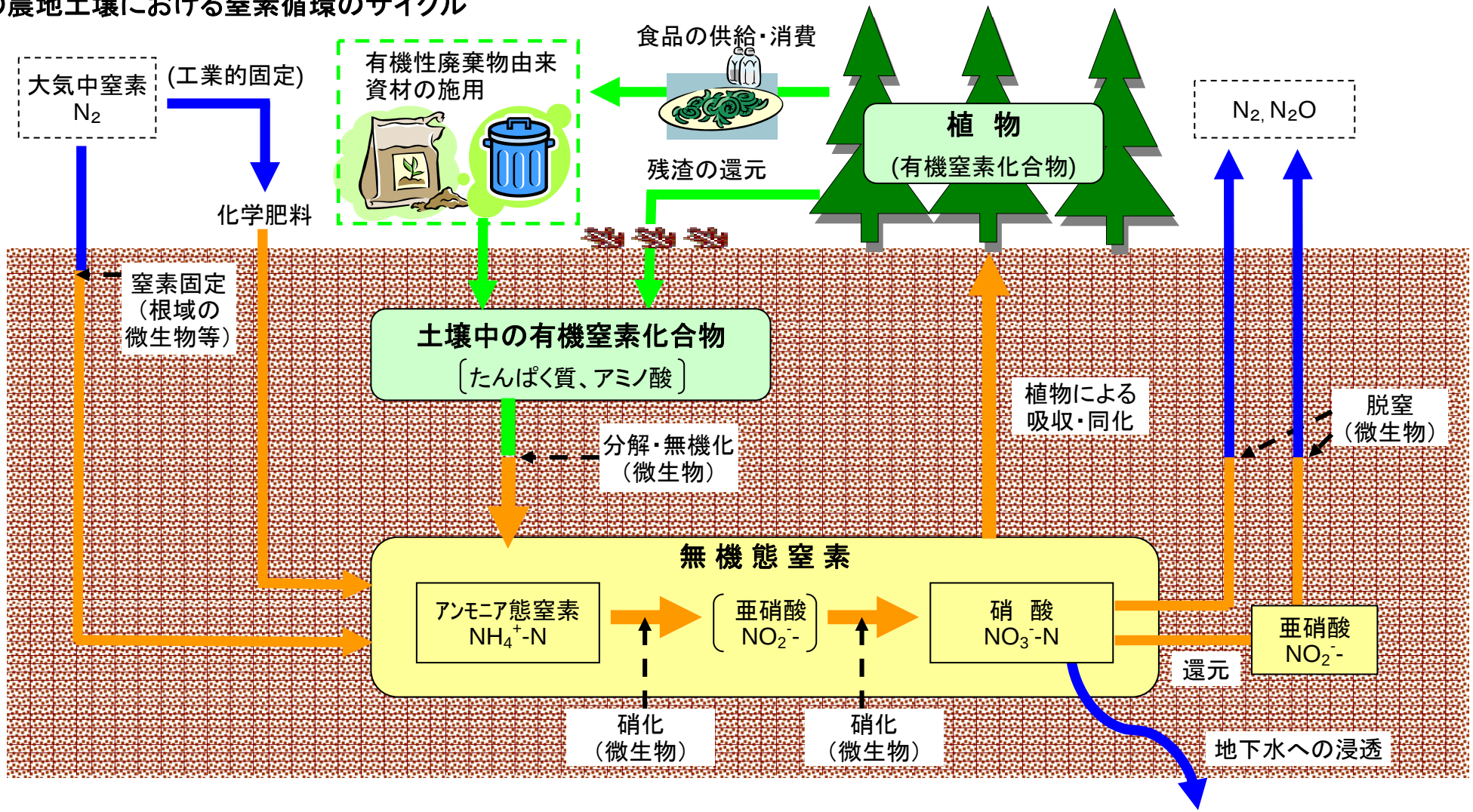
○我が国の炭素フローのイメージ



(3)物質循環機能

○　土壌は、有機物、無機物の分解・変換の場であり、窒素や炭素の循環の中心的な役割を果たしている。
○　特に、農地土壌は、家畜排せつ物や食品産業等から排出される有機性廃棄物を土壌微生物等の活動によって分解し、植物へ窒素を供給するなど窒素循環の中心的役割を果たしている。

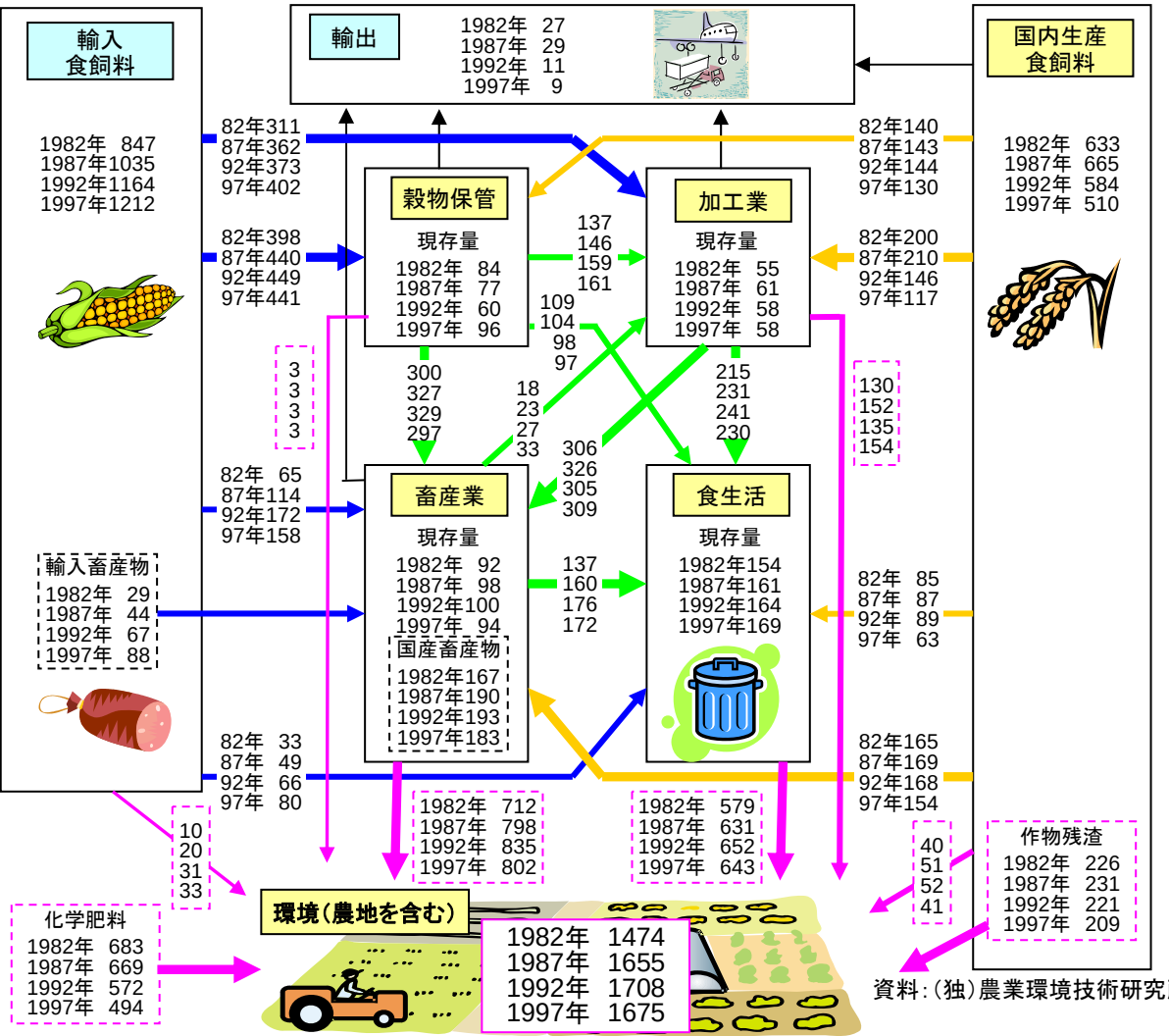
○農地土壌における窒素循環のサイクル



（3）物質循環機能

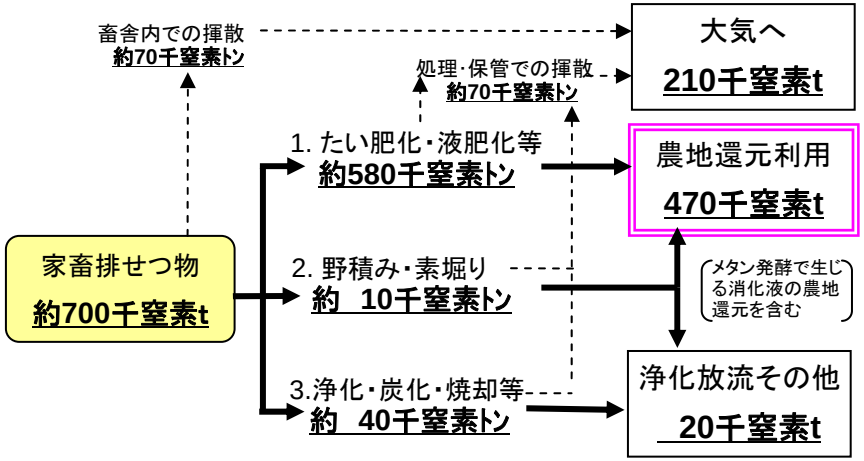
○　我が国の食料供給における窒素収支は、食料輸入を通じた窒素輸入が輸出を大きく超過するｱﾝﾊﾞﾗﾝｽな構造。
○　このような中で、農地土壌には47万t/年の家畜排せつ物由来窒素がたい肥等として還元されているほか、1,136万t/年の食品産業廃棄物のうち約22%が肥料化されて還元されており、窒素の循環利用に貢献している。

○我が国の食料供給システムにおける窒素収支の変遷 (単位：千窒素トン)



資料：（独）農業環境技術研究所

○家畜排せつ物のうち農地土壌に還元される窒素量



データ：畜産農家に対するアンケートを基にした平成16年時点の推計値（畜産企画課調べ）
なお、農地還元利用470千窒素トンには、畜産農家が有する草地等に還元されているものも含んでいる。

○食品循環資源のうち農地に還元されるものの割合

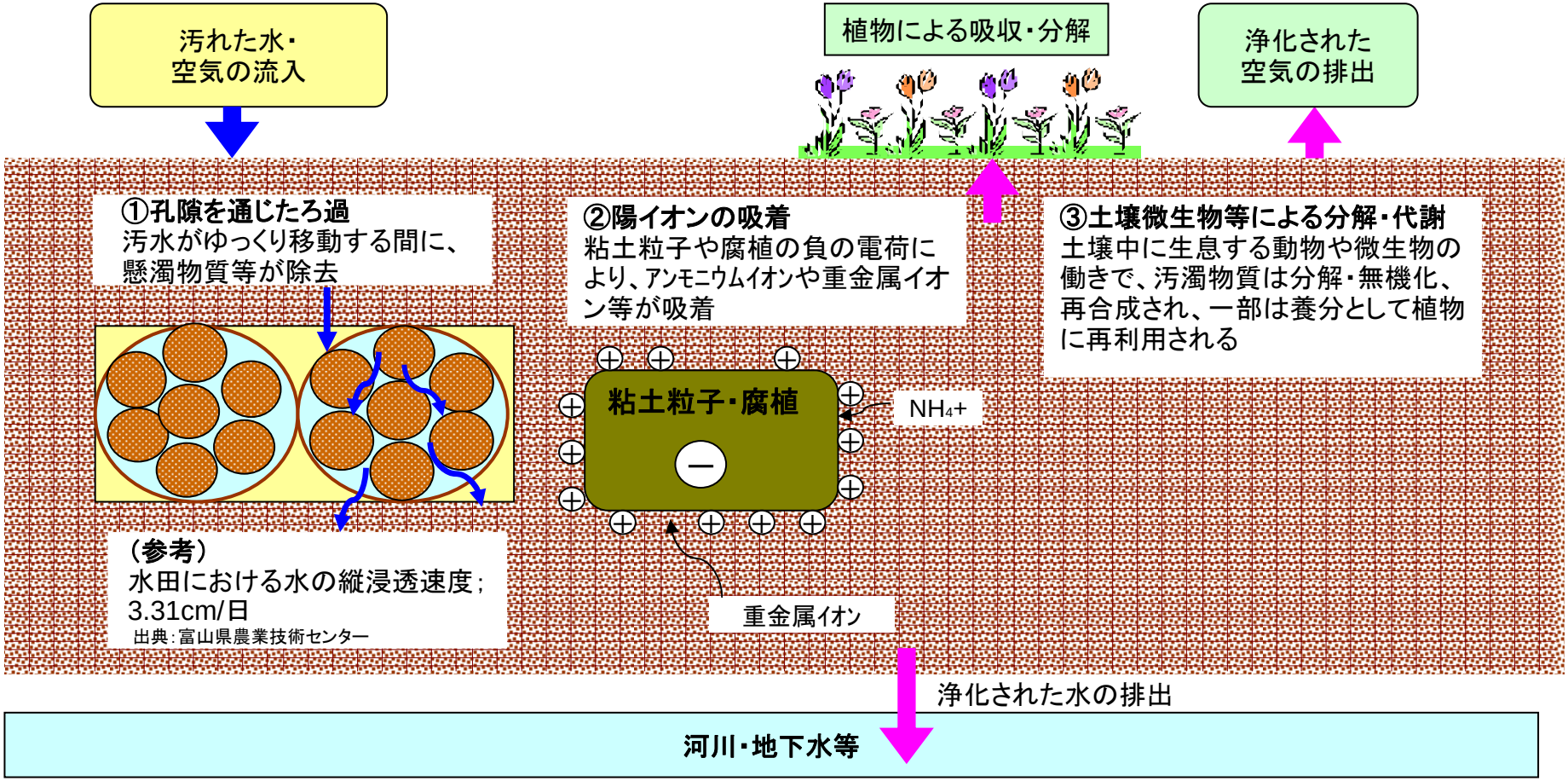
	発生量（万t）	再生利用等の実施率(%)				再生利用の用途別仕向割合(%)			
			発生抑制(%)	減量化(%)	再生利用(%)	肥料化	飼料化	油脂等化	メタン化
食品製造業	495	81	5	3	73	48	48	3	1
食品卸売業	74	61	4	1	5	44	47	8	1
食品小売業	263	31	4	2	25	51	35	12	2
外食産業	304	21	4	4	13	53	25	20	2
食品産業計	1,136	52	4	3	45	49	44	6	1

データ：統計部「平成18年食品循環資源の再生利用等実態調査結果の概要」より計算
注：四捨五入の関係で、積み上げた値は合計値と異なる場合がある。

（4）水質・大気の浄化機能

○　土壌は、
①　土壌中の孔隙を利用したろ過による懸濁物質や細菌の除去
②　化学的作用を利用したアンモニウムイオン等の陽イオンの吸着・除去
③　土壌中の生物による分解・代謝による汚濁有機物の除去
等を通じて水質や大気の浄化に貢献している。

○土壌の水質及び大気浄化機能



（4）水質・大気の浄化機能

○　特に湛水状態にある水田農地土壌は用水等の水質の浄化機能が高く、水田に流入する水質の改善等に大きな効果を有する。

○水田の窒素浄化機能と稲わら施用の効果

	試験期間	流入水		流出水		差引排出量 (kg/ha)
		平均T-N濃度 (mg/L)	流入T-N量 (kg/ha)	平均T-N濃度 (mg/L)	流出T-N量 (kg/ha)	
稲わら	作付期	0.69	12.9	0.56	5.9	−7.0
無施用	非作付期	28.57	439.9	12.46	150.9	−289.0
稲わら	作付期	8.47	155.4	0.45	4.4	−151.0
すき込み	非作付期	28.57	439.9	0.50	5.8	−434.1

データ:「環境保全と農林業」(陽捷行)より
注:稲わらすき込み区では6,000kg/haを施用。

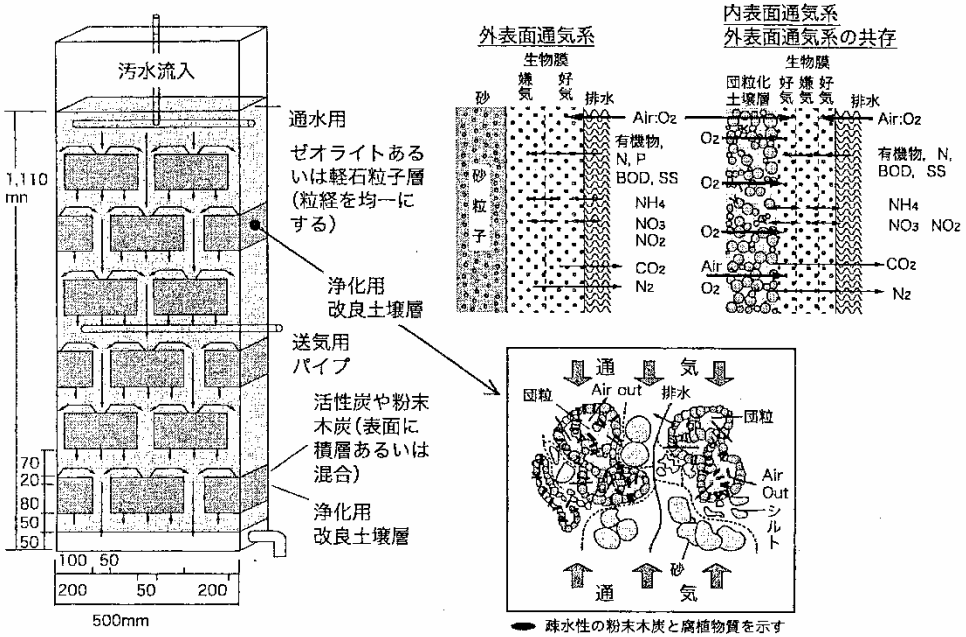
（参考）窒素の浄化に係る経費

畜産農家において、1次処理後の汚水の窒素濃度低下を目的として高度処理施設を導入した場合の経費は以下のとおり。

【仕　様】
排水処理量:10,000L/日
窒素除去量:約200mg/L (270mg/L→66mg/L)
年間窒素除去量:700kg/年 (0.2g/L×10,000L/日×365日)

【処理経費】
建設費:500万円 (年償却費30万円)、維持管理費 (36.5万円/年)
合　　計:年間66.5万円

（参考）多段土壌層法による汚濁成分の除去



汚濁成分の除去率

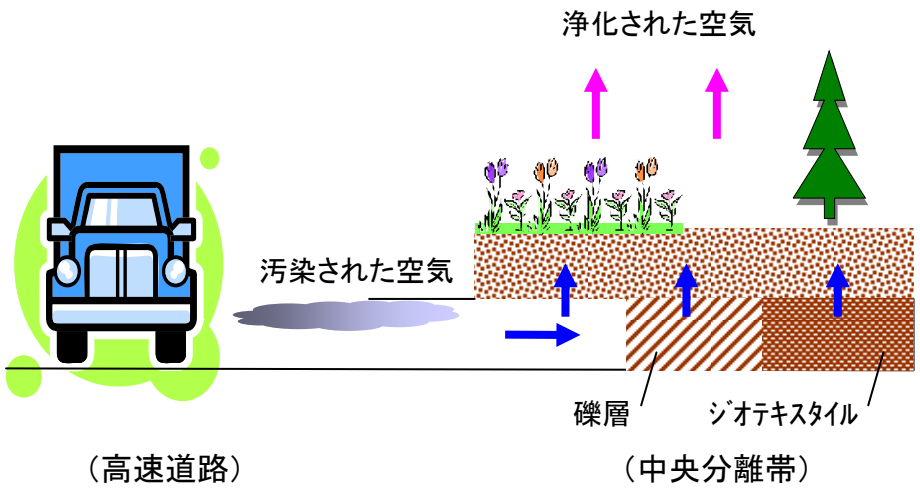
	原　水	処理水	除去率
	(mg/l)	(mg/l)	(%)
BOD	20～300	1～40	80～99
COD	30～400	10～80	60～98
T-N	20～200	5～70	10～90
T-P	5～50	0.1～10	60～99

資料:藤本ら(1999), 増永ら(2001)(「土壌ｻｲｴﾝｽ」(三枝/木村)より))

（4）水質・大気の浄化機能

○　なお、土壌は、物理化学的反応により汚染物質であるNO_XやSO_Xを吸着するほか、微生物の作用によってCOを吸収、吸着・無毒化する機能も有する。

○土壌を利用した有害ガス浄化ｼｽﾃﾑの例 (大阪市)



※大気汚染物質の除去率

	入口濃度	出口濃度	除去率
NOx (ppm)	0.29	0.02	93.1%
NO (ppm)	0.22	0.014	93.6%
NO2 (ppm)	0.07	0.006	91.4%
SO2 (ppb)	9.8	0.61	93.8%
浮遊粒子（μg/m³）	118	6	94.9%
全炭化水素 ppmC)	2.65	2.09	21.1%
非メタン系炭化水素(ppmC)	0.74	0.17	77.0%
CO (ppb)	1300	61.8	95.2%

資料：「土壌ｻｲｴﾝｽ」(三枝/木村)より）

（5）生物多様性の保全機能

○　土壌は、多種多様な生物の生息の場となっており、これらの活動が農地土壌の多様な機能の源泉となっている。

○　また、農地土壌は遺伝資源のプールとしての意義を有するとともに、農地土壌中の生物や微生物を保全することは、水田等を中心とした地域固有の生態系の維持・保全にとっても重要。

○土壌の構成物質と生物相 (%は乾土重に対する割合)

鉱物			＞90%
有機物			0.1−10%
	うち無生物（腐植・不活性炭素等）		85%
	うち生物		15%
		うち植物根	5−15%
		うち動物相	5−10%
		（例）原生動物	10^5−10^6個体/g土壌
		線虫	10−15個体/g土壌
		ﾋﾒﾐﾐｽﾞ	10^2−10^6個体/㎡
		ミミズ	10^3個体/㎡
		ﾄﾋﾞﾑｼ	10^3～10^5個体/㎡
		ダニ類	10^4～10^5個体/㎡
		うち微生物	75−90%
		（例）藻類	10^4個体/g土壌
		細菌類	10^9個体/g土壌
		放線菌類	10^7個体/g土壌
		菌類	10^6個体/g土壌

資料：Pankhurst (1977), Bloem et al (2003)

○水田土壌と畑土壌の層位別微生物分布 (単位；10^4個体/g乾土)

	水田土壌（18地点の平均）			畑土壌（26地点の平均）		
	第1層	第2層	第3層	第1層	第2層	第3層
好気性菌	3000	1310	837	2135	628	164
放線菌	200	88	38	477	172	35
糸状菌	8.5	1.6	0.6	23.1	4.3	1.1
嫌気性菌	232	112	22	147	57	16
硫酸還元菌	7.9	1.6	0.4	0.1	0.06	3
脱窒菌	29.7	16.4	12.2	4.7	2.7	−
硝化菌	1.1	−	−	7	5.3	0.05

資料：「土壌ｻｲｴﾝｽ」(三枝/木村)より）

（参考）土壌微生物の種類数

現在まで、7万種の菌類・細菌類が見出されているが、未発見の種として153万種が存在しているものと見込まれている。

出典：Anderson and Weigel (2003)

（参考）生物資源のプールとしての土壌

（1）作物生産性向上に貢献する土壌微生物
- 根に定着し、植物ホルモンを産生するものや、抗生物質を産生し、病原菌等を抑制するもの
- 植物の細胞間隙に生息し、窒素固定を行うもの
- 植物から光合成産物を受ける代わりに、植物の養水分吸収等を助けるもの　等

（2）環境浄化に貢献する土壌微生物
γ-HCH (有機塩素系殺虫剤)等についての分解菌が土壌中から見出されている。

（3）エネルギーを生産する土壌微生物
- 水素を生成する細菌　等

（4）有用物質を作る土壌微生物
- 抗生物質、抗ウイルス物質を生産する微生物　等

出典：「土壌ｻｲｴﾝｽ」(三枝/木村)

（6）農地土壌が有する公益的機能

○　この他にも、土壌の機能としては、粘土等工業製品の原料の供給、歴史的・文化的遺産の保存、自然教育の場や教材としての機能等多様な機能があるが、（1）から（5）で示した作物生産機能、炭素貯留機能等の土壌の機能は、適切な営農活動を通じて維持・向上させていくことが可能であり、また、地球環境や地域環境の保全など国民の生活にとっても極めて重要なものであることから、以下、（1）～（5）の土壌機能を、農地土壌の有する公益的機能*とする。

○　こうした農地土壌の有する公益的機能を、生産コストや農産物の品質への影響等、生産性との調和に配慮しつつ、適切な土壌管理を推進することにより、将来にわたって維持・向上を図っていくことが必要。

＊作物生産機能については、食料の安全保障を含むことから、これも農地土壌が有する公益的機能の一つに位置づけている。

○農地土壌が有する公益的機能と営農活動との関係

	機能の維持・向上に資する営農活動（例）
作物生産機能	（1）適正な養分供給 ・土壌診断に基づく適正な施肥設計 （2）土壌の物理性・化学性・生物性の改善 ・有機質資材の施用 ・作物残渣の還元、緑肥の導入
炭素貯留機能	（1）有機物投入量の増加 ・有機質資材の施用 ・作物残渣の還元、緑肥の導入 （2）微生物による土壌有機物分解の抑制 ・不耕起・省耕起栽培 （3）土壌流亡の防止 ・カバークロップの作付け

	機能の維持・向上に資する営農活動（例）
物質循環機能	（1）土壌微生物の活性の向上 ・有機質資材の施用 （2）土壌診断に基づく養分バランスの適正化
水質・大気の浄化機能	（1）土壌の物理性・化学性・生物性の改善 ・有機質資材の施用 ・作物残渣の還元、緑肥の導入
生物多様性の保全機能	（1）生息条件の好適化 ・有機質資材の施用 （2）人為的撹乱の抑制 ・農薬の使用低減

3 農地土壌の公益的機能の評価

（1） 炭素貯留機能

① 英国の農地土壌における炭素貯留量の動態

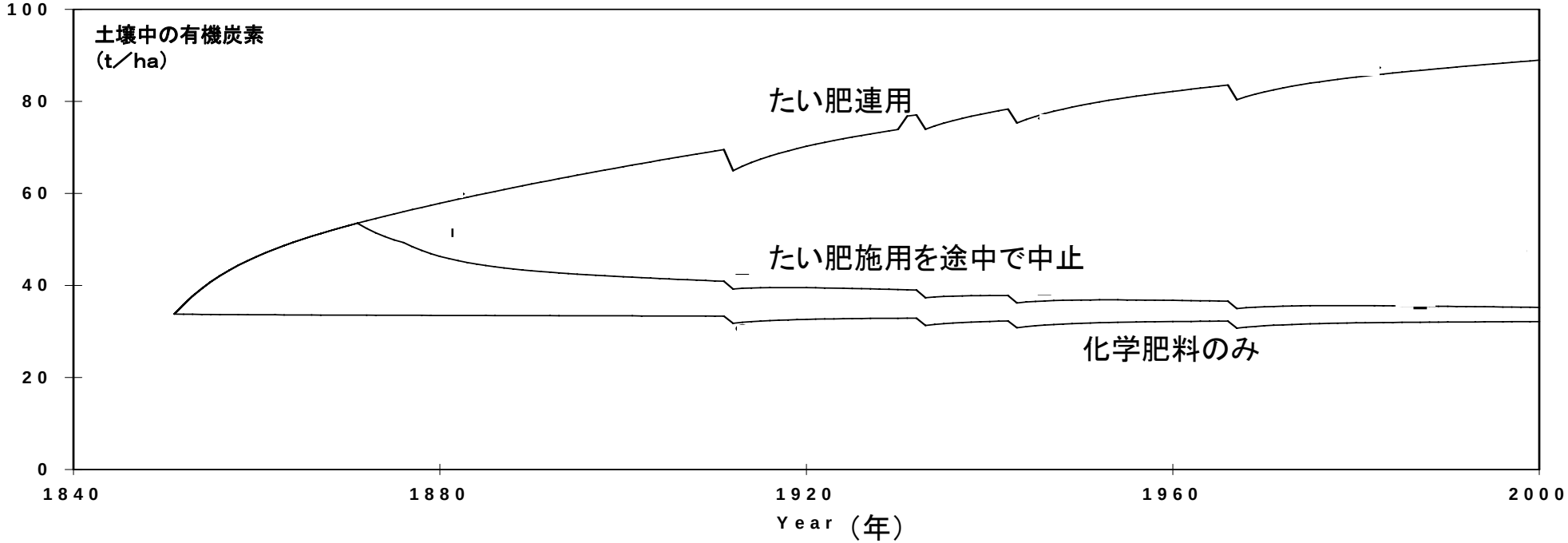
○ 欧米では、有機物連用試験の結果等から、農地土壌における炭素貯留量の動態を予測するモデルが開発されており、英国のローザムステッド農業試験場における150年を超える有機物連用試験を基礎にしたモデル（RothCモデル）においては、

・ たい肥の連用により、土壌中の炭素貯留量は増加するが、その増加率は徐々に小さくなり、最終的には平衡状態に達すること

・ その連用を途中で中止すると、土壌中の炭素貯留量は当初大きく減少するが、この減少率についても年を経るごとに小さくなり、最終的には化学肥料のみを施用した試験区における土壌炭素貯留量に近づくこと

等が明らかになっている。

○英国ﾛｰｻﾞﾑｽﾃｯﾄﾞ農業試験場におけるたい肥の連用試験（オオムギ）



3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）　炭素貯留機能

②　我が国の農地土壌における炭素貯留量の動態

○　農地土壌における炭素貯留量の動態は、気象条件の他、利用方法（水田利用、畑利用等）、土壌の性質（火山灰土壌等）により大きく異なるため、欧米のモデルをそのまま我が国に適用することは適当でなく、我が国の農地土壌等の実態を踏まえ、炭素貯留能力を評価することが必要。

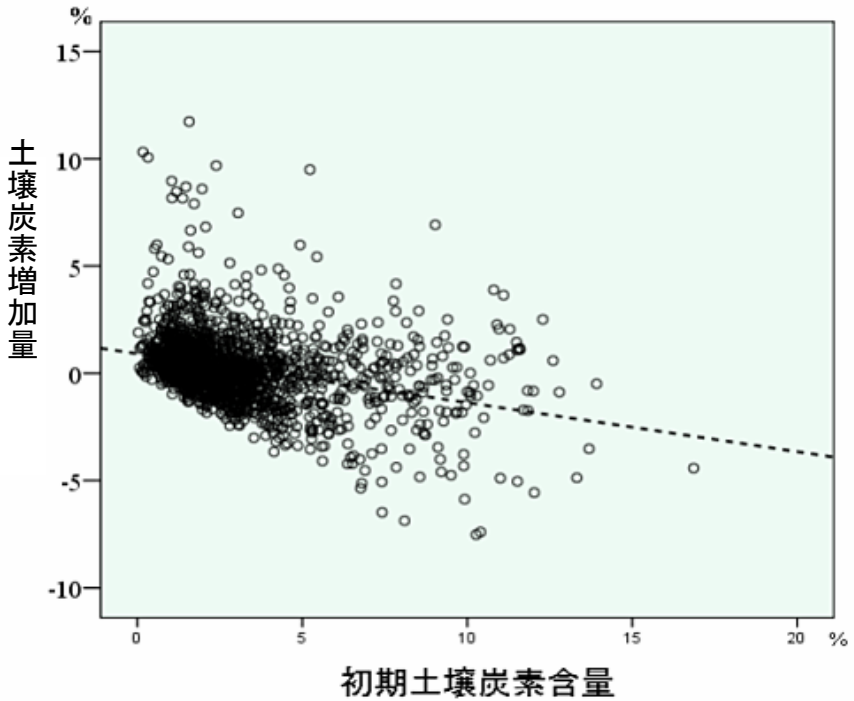
○地目別、土壌群別の全炭素含有率

単位：%

水田		普通畑	
土壌群名	全炭素含有率	土壌群名	全炭素含有率
黒ボク土	5.81	泥炭土	9.67
多湿黒ボク土	5.31	多湿黒ボク土	6.52
泥炭土	4.84	黒ボクグライ土	6.41
黒ボクグライ土	4.26	黒ボク土	5.41
黒泥土	3.60	グライ台地土	4.70
グライ土	2.52	灰色台地土	3.73
褐色森林土	2.44	グライ土	3.32
黄色土	2.42	黒泥土	2.73
グライ台地土	2.39	褐色森林土	2.56
褐色低地土	2.29	灰色低地土	2.19
灰色台地土	2.28	褐色低地土	1.97
灰色低地土	2.28	黄色土	1.93
暗赤色土	1.54	岩屑土	1.70
		赤色土	1.62
		暗赤色土	1.53
		砂丘未熟土	0.77

資料：土壌環境基礎調査（定点調査、4巡目1994～1997）
注：全炭素含有率は作土第1層のデータ

○樹園地の初期土壌炭素含量（79－83年）と15年後の炭素増加量の関係



資料：農業環境技術研究所
注：樹園地の初期（79-83年）土壌炭素含量と15年後（94-98年）の炭素増加量の関係を示したもの

3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）炭素貯留機能

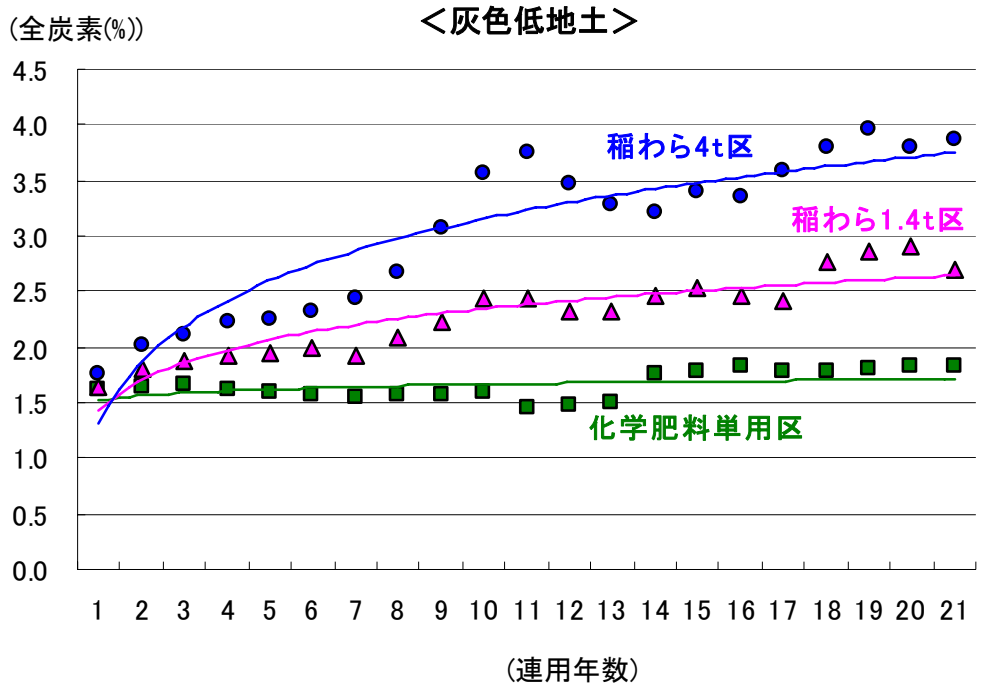
②　我が国の農地土壌における炭素貯留量の動態

○　我が国においても各地の農業試験場において、たい肥やわら等の有機物の連用試験が行われており、その成果から、

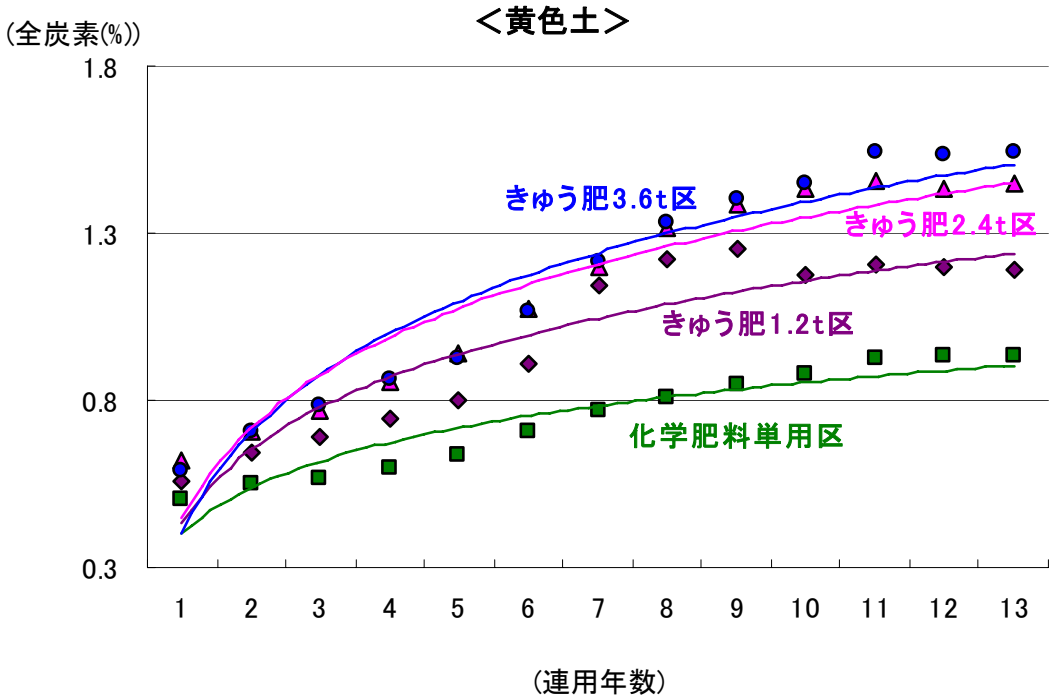
- 特別な場合を除き、有機物施用により土壌中の炭素貯留量が増加すること
- 炭素貯留量の高い黒ボク土壌や森林などを開墾して造成した畑土壌においては、有機物を施用しても、炭素貯留量が低下する場合もあること（ただし、この場合においても有機物施用は、化学肥料のみを施用した場合に比べ、炭素貯留量の減少を抑制する効果がある）

等が明らかになった。

○有機物連用に伴う水田土壌における全炭素含有率（%）の推移



資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」鳥取県農試橋本Aほ場（鳥取市）
注：グラフ中の各年のデータは、当該年の前後1年を併せた3カ年平均の数値である。



資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」島根県農試ほ場（出雲市）
注：グラフ中の各年のデータは、当該年の前後1年を併せた3カ年平均の数値である。
本ほ場では、有機物連用試験は21年間にわたって行われているが、グラフは全炭素の測定がなされた当初13年のデータ。

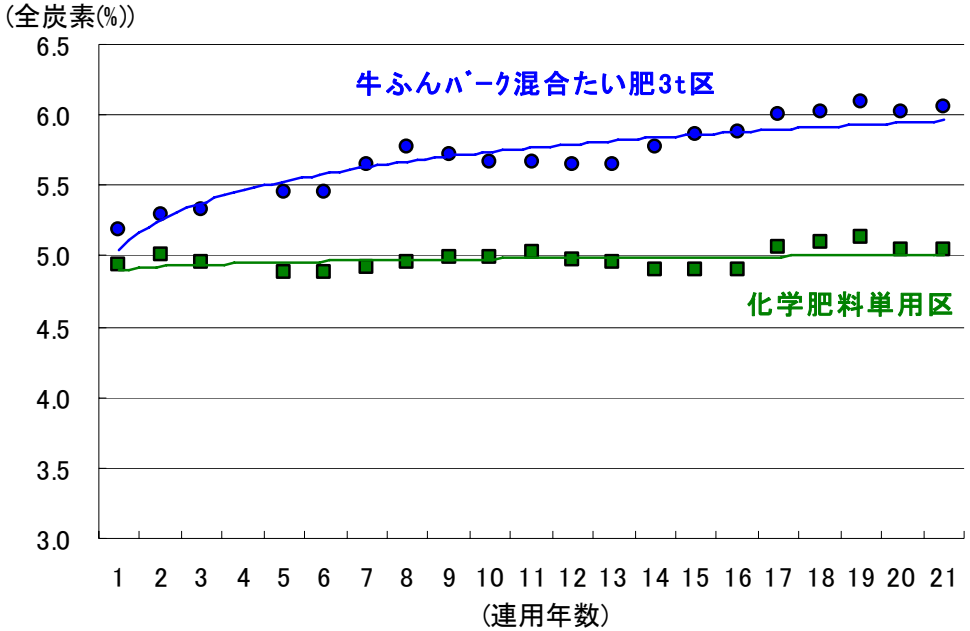
3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）炭素貯留機能

②　我が国の農地土壌における炭素貯留量の動態

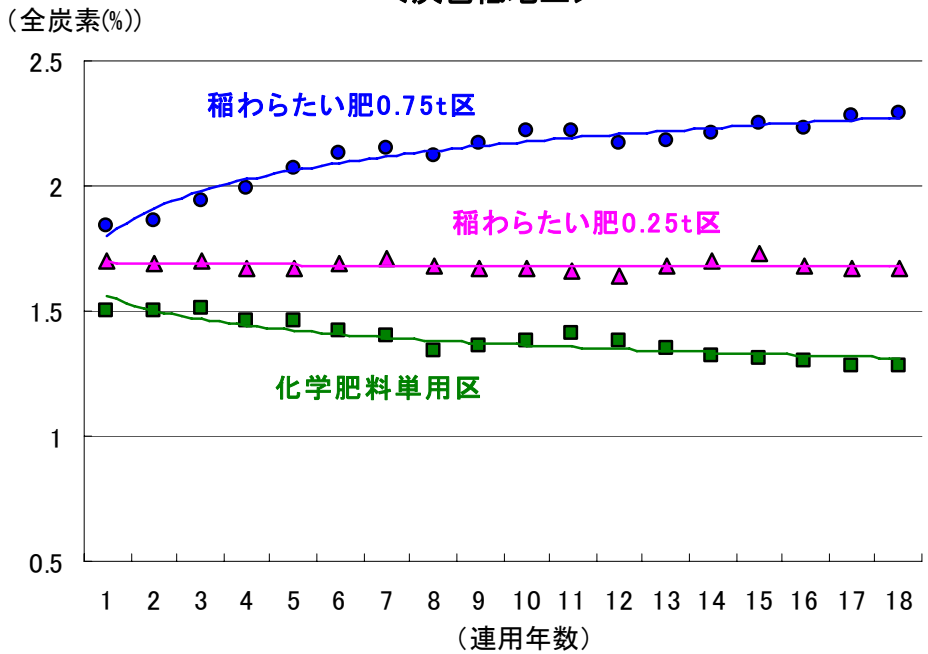
○有機物連用に伴う普通畑土壌における全炭素含有率（%）の推移

＜黒ﾎﾞｸ土＞



資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」東京都農試ほ場（立川市）
注：グラフ中の各年のデータは、当該年の前後1年を併せた3カ年平均の数値である。

＜灰色低地土＞



資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」山口県農試ほ場（山口市）
注：グラフ中の各年のデータは、当該年の前後1年を併せた3カ年平均の数値である。

3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）炭素貯留機能

③　我が国の農地土壌における炭素貯留量の動態

○　水田52地点、普通畑26地点の連用試験のデータに基づき、有機物施用を行った場合、化学肥料のみを施用した場合と比べてどの程度炭素貯留量が増加するかを算定した（有機物施用区及び化学肥料単用区における炭素貯留量の差を連用年数で除した値を、有機物の連用による年間炭素貯留増加量とした。）。

○有機物の連用による年間炭素貯留増加量（水田52地点）

	有機物の種類・施用量	年間炭素貯留増加量（トンC/ha/年） 平均	範囲	地点数
灰色低地土	稲・麦わら			
	<0.25t	0.254	0.057 ～ 0.436	1
	0.25t≦ ≦0.75t	0.475	▲0.041 ～ 1.292	15
	0.75t<	1.227	0.396 ～ 3.307	7
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	<0.5t	0.231	0.231	1
	0.5t≦ ≦1.5t	0.472	0.095 ～ 1.385	13
	1.5t<	0.925	0.226 ～ 1.432	5
グライ土	稲・麦わら			
	0.25t≦ ≦0.75t	0.438	0.000 ～ 0.765	10
	0.75t<	0.431	0.079 ～ 0.781	4
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	0.5t≦ ≦1.5t	0.406	0.073 ～ 1.070	10
	1.5t<	1.008	0.367 ～ 1.737	5
多湿黒ボク土	稲・麦わら			
	<0.25t	1.137	1.084 ～ 1.189	1
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	0.5t≦ ≦1.5t	0.774	0.058 ～ 1.669	4

	有機物の種類・施用量	年間炭素貯留増加量（トンC/ha/年） 平均	範囲	地点数
黄色土	稲・麦わら			
	0.25t≦ ≦0.75t	0.325	0.125 ～ 0.631	3
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	0.5t≦ ≦1.5t	0.515	0.303 ～ 0.675	2
	1.5t<	1.406	0.682 ～ 1.932	3
褐色低地土	稲・麦わら			
	0.25t≦ ≦0.75t	0.754	0.519 ～ 0.948	2
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	0.5t≦ ≦1.5t	0.752	0.752	1
灰色台地土	稲・麦わら			
	0.25t≦ ≦0.75t	0.501	0.486 ～ 0.516	1

資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」のうち、全炭素含有率を測定しており、かつ連用期間が8年以上ある52地点の水田土壌のデータを集計して作成。

注1：年間炭素貯留増加量は次の通り算出。全炭素含有率（%）について測定年の前後1年を合わせた3ヶ年平均値の推移を近似曲線に表し、当該近似曲線によって推定される全炭素含有率から、仮比重により深さ30cmの年間炭素貯留量を算定し、有機物施用区と化学肥料単用区における差を連用年数で除した値である。

仮比重は、土壌環境基礎調査の1994～1998年の各土壌群の平均仮比重を利用；
灰色低地土：1.03g/cm^3, グライ土：0.96g/cm^3, 灰色台地土：1.05g/cm^3, 多湿黒ボク土：0.79g/cm^3, 黄色土：1.05g/cm^3, 褐色低地土：1.04g/cm^3

注2：稲わら0．25～0．75tは稲わらたい肥0．5～1．5tに相当。

3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）炭素貯留機能

③　我が国の農地土壌における炭素貯留量の動態

○有機物の連用による年間炭素貯留増加量（普通畑26地点）

	有機物の種類・施用量	年間炭素貯留増加量（トンC/ha/年） 平均	範囲	地点数
黒ボク土	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	1.0t≦　≦2.0t	0.373	▲0.061　～　0.850	4
	2.0t＜　≦3.0t	0.373	0.144　～　0.916	5
	3.0t＜	0.777	0.266　～　1.663	6
	バークたい肥			
	＜1.0t			
	1.0t≦　≦2.0t	0.553	0.428　～　0.652	4
	2.0t＜　≦3.0t	1.095	0.841　～　1.340	3
	3.0t＜	1.037	1.037	1
褐色森林土	稲・麦わら			
	0.5t≦　≦1.0t	0.709	0.709	1
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	1.0t≦　≦2.0t	0.644	0.644	1
	2.0t＜　≦3.0t	1.987	1.987	1
	バークたい肥			
	＜1.0t	0.859	0.859	1
褐色低地土	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	2.0t≦　≦3.0t	0.918	0.915　～　0.920	1

	有機物の種類・施用量	年間炭素貯留増加量（トンC/ha/年） 平均	範囲	地点数
黄色土	稲・麦わら			
	1.5t＜	1.021	1.021	1
	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	1.0t≦　≦2.0t	0.696	0.368　～　0.981	2
	2.0t＜　≦3.0t	2.331	2.034　～　2.755	4
	3.0t＜	2.243	0.890　～　4.183	3
	バークたい肥			
	3.0t＜	3.837	2.760　～　4.754	2
灰色低地土	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	＜1.0t	0.604	0.604	1
	1.0t≦　≦2.0t	1.709	1.709	1
灰色台地土	稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥			
	＜1.0t	1.239	0.626　～　1.550	1
	2.0t＜　≦3.0t	0.758	0.729　～　0.787	1

資料：「土壌環境基礎調査（基準点調査）」のうち、全炭素含有率を測定しており、かつ連用期間が8年以上ある26地点の普通畑土壌のデータを集計して作成。

注1：年間炭素貯留増加量は次の通り算出。全炭素含有率（%）について測定年の前後1年を合わせた3ヶ年平均値の推移を近似曲線に表し、当該近似曲線によって推定される全炭素含有率から、仮比重により深さ30cmの年間炭素貯留量を算定し、有機物施用区と化学肥料単用区における差を連用年数で除した値である。

仮比重は、土壌環境基礎調査の1994～1998年の各土壌群の平均仮比重を利用；
黒ボク土：0.76g/cm^3, 褐色森林土：1.05g/cm^3, 褐色低地土： 1.08g/cm^3, 黄色土：1.09g/cm^3, 灰色低地土：1.14g/cm^3, 灰色台地土：1.12g/cm^3

注2：稲わら0．5～1．0tは稲わらたい肥1．0～2．0tに相当。

3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）炭素貯留機能

④　有機物施用により土壌中に貯留される炭素量（有機物の長期連用試験に基づく試算）

○　本連用試験の結果を踏まえると、全国の農地土壌に対してたい肥を1.0～1.5トン/10a（水田：1.0トン/10a、畑：1.5トン/10a）施用した場合における炭素貯留の増加量は、年間約220万トンC (808万トンCO_2)と試算。これは京都議定書における我が国の第1約束期間における削減目標量7，566万トンCO_2（1990年温室効果ｶﾞｽ総排出量の6%）の10．7%に相当する。

＊ なお、本試算については、限られた連用試験のデータを基に行っているものであり、不確実性が存在すること、また、年間炭素貯留増加量は、たい肥の連用年数の増加に伴い、減少していくものであることについて留意が必要。

○たい肥を全国の農地土壌に施用（水田1.0t/10a, 畑1.5t/10a）**した場合の炭素貯留増加量（試算）**

	土壌タイプ	1ha当たり年間炭素貯留増加量（tC/ ha/年）*　（A）	土壌タイプ別面積（千ha）**　（B）	年間炭素貯留増加量（千tC/年）（A）×（B）	備　　考
水田	灰色低地土	0．472	718	339	
	ｸﾞﾗｲ土	0．406	606	246	
	多湿黒ボク土	0．774	186	144	
	黄色土	0．515	99	51	
	褐色低地土	0．752	97	73	
	水田合計	－	1，706	853	
普通畑	黒ボク土	0．373	1，584	591	
	褐色森林土	0．644	450	299	
	黄色土	0．696	308	214	
	灰色低地土	1．709	144	246	
	普通畑合計	－	2，486	1，350	
全農地土壌				2，203	二酸化炭素換算：8，077千トンCO_2 我が国の二酸化炭素排出削減目標（76百万トンCO_2）の10．7%に相当。

＊ たい肥を水田に1t, 普通畑に1.5t施用した場合の年間炭素貯留増加量は、「土壌環境基礎調査（基準点調査）」のうち、土壌タイプ別に稲・麦わらたい肥、家畜ふんたい肥を水田に0.5～1.5t/10a、畑に1.0～2.0t/10a施用した際の平均のデータを集計した値。

** 土壌タイプ別面積は、全水田面積（水稲作付面積）及び全普通畑面積（畑作物作付面積）をそれぞれ主要な土壌タイプの面積割合で案分した。
なお、畑作物作付面積は以下の通り算出。
畑作物作付面積 = 普通畑面積（樹園地を含む）(2,136千ha)＋水稲以外の作物のみの作付田 (431千ha) － 普通畑（樹園地含む）の耕作放棄地 (81千ha)

3　農地土壌の公益的機能の評価

④　有機物施用により土壌中に貯留される炭素量（有機物の長期連用試験に基づく試算）

○　有機物施用を行った場合、水田土壌からのメタンや、水田及び畑土壌からの一酸化二窒素*等の温室効果ガスの発生が増加するため、前項のたい肥の施用に伴う年間炭素貯留増加量からこれを差し引いて農地土壌全体としての収支を試算。

○　この結果、全国の水田にたい肥を1.0ﾄﾝ/10a施用することに伴って、追加的に16.8～27.4万ﾄﾝCに相当するメタンが発生し、これを差し引くと、農地土壌全体の炭素収支は年間約193～204万ﾄﾝCと試算。

*本試算においては、たい肥の施用に併せて化学肥料の減肥を行うことを前提としていることから、一酸化二窒素の発生は増加しないと見込んでいる。

○たい肥を全国の農地土壌に施用（水田1.0t/10a, 畑1.5t/10a）**した場合の炭素貯留増加量（メタンの発生を加味した試算）**

	土壌タイプ	年間炭素貯留増加量（千tC/年）（A）	有機物施用に伴うメタン*発生量（千tC/年）（B）	農地土壌の収支（千tC/年）（C）	備　考
水田	灰色低地土	339	78 ～ 128	211 ～ 261	
	ｸﾞﾗｲ土	246	59 ～ 97	149 ～ 187	
	多湿黒ボク土	144	10 ～ 16	128 ～ 134	
	黄色土	51	10 ～ 16	35 ～ 41	
	褐色低地土	73	11～ 17	56 ～ 62	
	水田合計	853	168 ～ 274	579 ～ 685	
普通畑合計		1，350	－	1，350	
全農地土壌		2，203	168 ～ 214	1，929 ～ 2，035	二酸化炭素換算：7,073～7,462千ﾄﾝCO_2 我が国の二酸化炭素排出削減目標（76百万ﾄﾝCO_2）の9．3～9．9%に相当。

注：メタン発生量は以下のデータによる

○たい肥施用に伴う水田からのメタン発生増加量

土壌種	メタン発生量（gCH_4/m^2/年）				適正な水管理を行った場合のメタン発生量		
	たい肥施用（A）	無施用（B）	純発生量（=A−B）（C）	炭素換算（tC/ha/年）	適正な水管理を行った場合の削減割合（D）	純発生量（=C×(100−D)/100）	炭素換算（tC/ha/年）
低地土	15．3	12．2	3．10	0．178	平均38．5%	1．91	0．109
グライ土	13．8	11．0	2．80	0．160		1．72	0．098
黒ボク土	7．59	6．07	1．52	0．087		0．93	0．053
黄色土	14．6	11．7	2．90	0．166		1．78	0．102

資料：日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2007年5月）

３　農地土壌の公益的機能の評価

（参考）　耕作放棄地の炭素貯留機能

○　耕作放棄した水田の場合、雑草が繁茂し、これが土壌に還元されること等から、表土の全窒素、全炭素は増加傾向で推移する。

○　一方で、水田を長期間耕作放棄することは、食料の安定供給面のみならず、畦畔の崩壊等により水涵養機能、洪水防止機能、土砂崩壊防止機能が低下するなど、農業全体としての環境保全機能が低下することから、適切な営農管理により、農地土壌等の機能を保全・向上していくことが必要。

○耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化

耕作放棄地の年数	全炭素含有量（g kg^{-1}）	
	耕作放棄田	対照田
3年	24	10
20年	57	12

資料：「耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化」（太田健ほか）
土壌の物理性 第73号（1996）

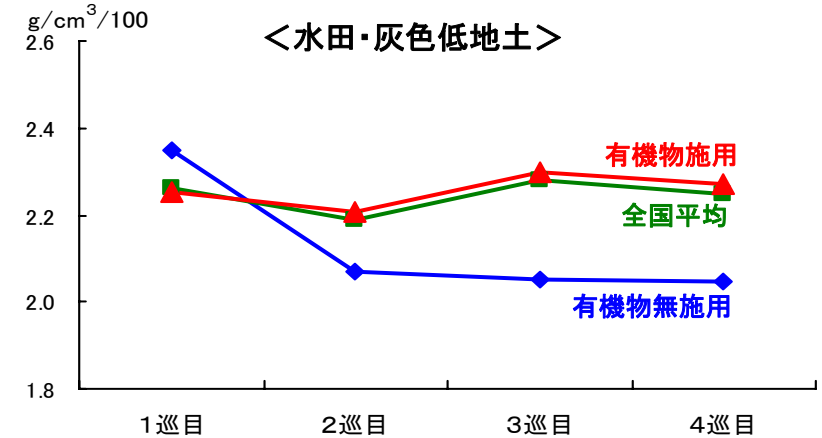
3　農地土壌の公益的機能の評価

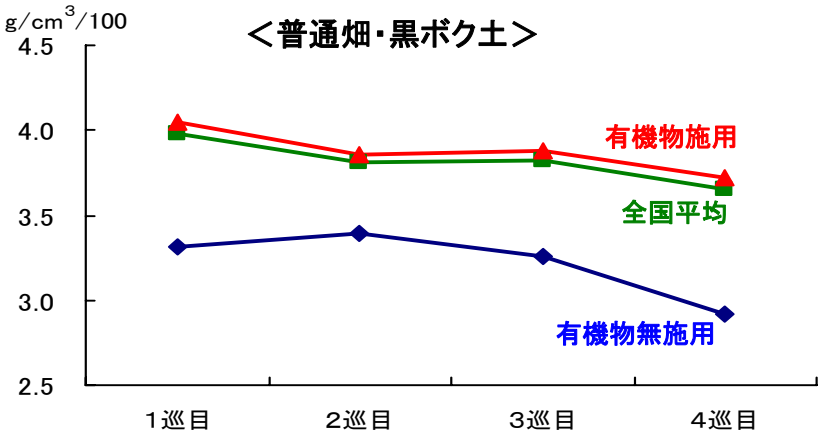
（1）　炭素貯留機能

⑤　有機物施用により土壌中に貯留される炭素量（全国的な調査に基づく試算）

○　全国的な土壌調査の結果からは、有機物の施用を行っているほ場においては、有機物の施用をしていないほ場に比べて、土壌中の炭素貯留量が有意に増加していることが示されるとともに、我が国においては、たい肥の施用を中心とした農家による適切な営農活動（土壌管理）の実施により、土壌中の炭素貯留量が一定水準に維持されている実態が認められる。

○全国レベルでの土壌炭素貯留量の変化





注：１巡目（昭和５４年～昭和５８年）　３巡目（平成元年～平成５年）
２巡目（昭和５９年～昭和６３年）　４巡目（平成６年～平成９年）

○適切な土壌管理による炭素貯留効果

	土壌の種類	年間炭素貯留増加量（トンC/ha/年）
水田	灰色低地土	0.60
	グライ土	▲ 0.03
	多湿黒ボク土	0.57
普通畑	黒ボク土	0.33
	褐色森林土	1.05
	褐色低地土	0.45
樹園地	黒ボク土	1.14
	褐色森林土	0.60
	黄色土	0.75

資料：土壌環境基礎調査（定点調査）に基づき算定

注：「年間炭素貯留増加量」とは、適切な土壌管理により貯留されていると見込まれる年間の炭素量であり、以下の算式に基づき算定。

年間炭素貯留増加量＝
（平均的な管理を行っているほ場の土壌中の炭素貯留の増加量）
－（有機物無施用ほ場の土壌中の炭素貯留の増加量(減少量)）

3　農地土壌の公益的機能の評価

（1）　炭素貯留機能

⑤　有機物施用により土壌中に貯留される炭素量（全国的な調査に基づく試算）

○　こうしたこれまでの農家の土壌管理に伴う年間の土壌炭素の貯留量は約210万トンと試算され、農家の生産活動は温暖化ガスの吸収に大きく貢献している。

○農家の土壌管理による年間炭素貯留量（試算）

＜水　田＞

2，556ha　×　｛47．4%　×　0．60ﾄﾝC/ha　＋　40．4%　×　▲0．03ﾄﾝC/ha　＋　12．2%　×　0．57ﾄﾝC/ha　｝

（平成17年水田面積）　(灰色低地土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(ｸﾞﾗｲ土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(多湿黒ﾎﾞｸ土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)

＝874千tC

（水田土壌の炭素貯留量）

＜普通畑＞

1，804ha　×　｛57．2%　×　0．33ﾄﾝC/ha　＋　26．6%　×　1．05ﾄﾝC/ha　＋　16．2%　×　0．45ﾄﾝC/ha　｝

（平成17年普通畑面積）　(黒ﾎﾞｸ土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(褐色森林土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(褐色低地土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)

＝976千tC

（普通畑土壌の炭素貯留量）

＜樹園地＞

332ha　×　｛31．8%　×　1．14ﾄﾝC/ha　＋　55．2%　×　0．60ﾄﾝC/ha　＋　13．0%　×　0．75ﾄﾝC/ha　｝

（平成17年普通畑面積）　(黒ﾎﾞｸ土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(褐色森林土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)　(黄色土面積割合)　(年間炭素貯留増加量)

＝263千ﾄﾝC

（樹園地土壌の炭素貯留量）

≪農地全体≫

874千ﾄﾝC　＋　976千ﾄﾝC　＋　263千ﾄﾝC　＝　**2，113千ﾄﾝC**

（水田土壌の炭素貯留量）　（普通畑土壌の炭素貯留量）　（樹園地土壌の炭素貯留量）

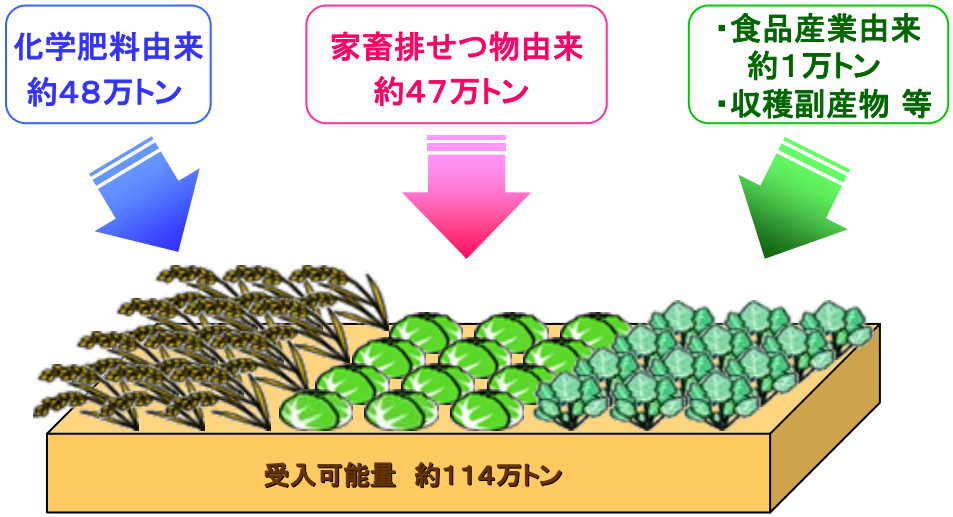
３　農地土壌の公益的機能の評価

（２）物質循環機能

○　農地土壌には、窒素換算で47万トンの家畜排せつ物、1万トンの食品産業由来有機性廃棄物等が還元されており、これらを分解しアンモニア態窒素や硝酸態窒素の形で植物に供給することで、窒素循環や資源のリサイクルに重要な役割を果たしている。

○　また、家庭から排出される生ゴミをたい肥化し、農地に還元する取組も広がっており、地産地消の取組と組み合わせることにより地域レベルでの循環型社会の構築にも貢献している。

○農地の窒素受入可能量

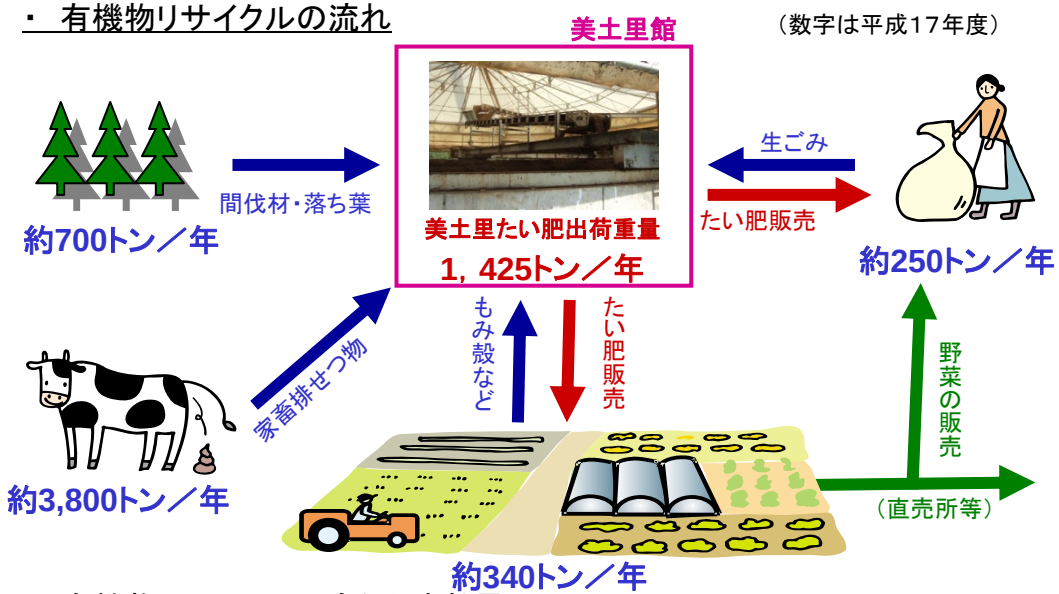


注）畜産企画課調査（平成16年時点の試算）

○地域ﾚﾍﾞﾙにおける資源循環の取組み（栃木県茂木町の例）

・　有機物リサイクルの流れ

（数字は平成17年度）



・　有機物リサイクルのもたらす効果

美土里たい肥の売り上げ　８００万円	生ゴミ焼却費用の削減　１，５００万円
もみ殻焼却中止による環境保全効果　水田１８０ha分	剪定枝たい肥化による焼却費用節減　３００万円

資料：茂木町資料をもとに農林水産省で作成

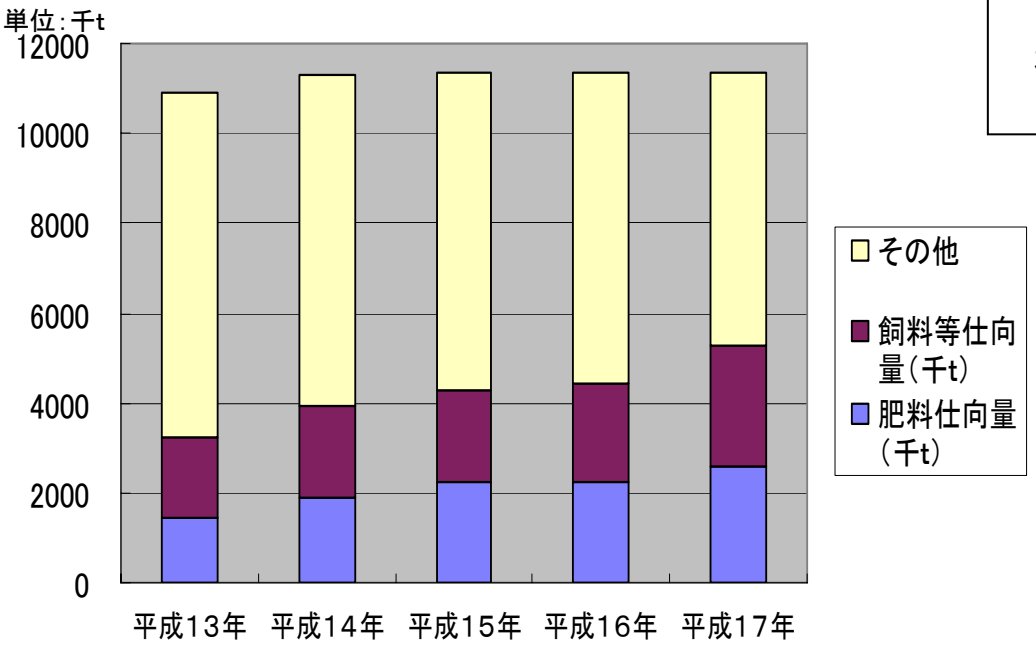
３　農地土壌の公益的機能の評価

（２）物質循環機能

○　食品産業から排出される再生利用有機性資源のうち、肥料として利用されている260万トン（2005年度）について、焼却により廃棄物処理をした場合のコストと、たい肥化して農地へ還元した場合のコストを比較した結果、農地土壌へ還元することにより、390億円程度の社会的コストの削減が図られていると試算。

○　また、有機性資源の土壌への還元により化学肥料の使用が低減されることから、化学肥料の製造に要するエネルギーの節減や製造に伴い排出される二酸化炭素の低減も図られることが期待。

○食品産業から排出される有機性資源



資料：平成18年度食品循環資源の再生利用等実態調査結果の概要（農林水産省統計部　平成19年11月）

○有機性資源を農地還元した場合の経済効果（試算）

有機性資源を焼却処理する場合のコストとの比較により試算。

（25千円/トン － 10千円/トン）

（東京都三多摩地区の可燃ゴミ処理コストの平均*）　（たい肥製造コストの平均**）

×260万トン＝**390億円**

（有機性資源のうち肥料用として再生利用された部分（H17））

出典：
* (財)東京市町村自治調査会
**農産振興課調べ

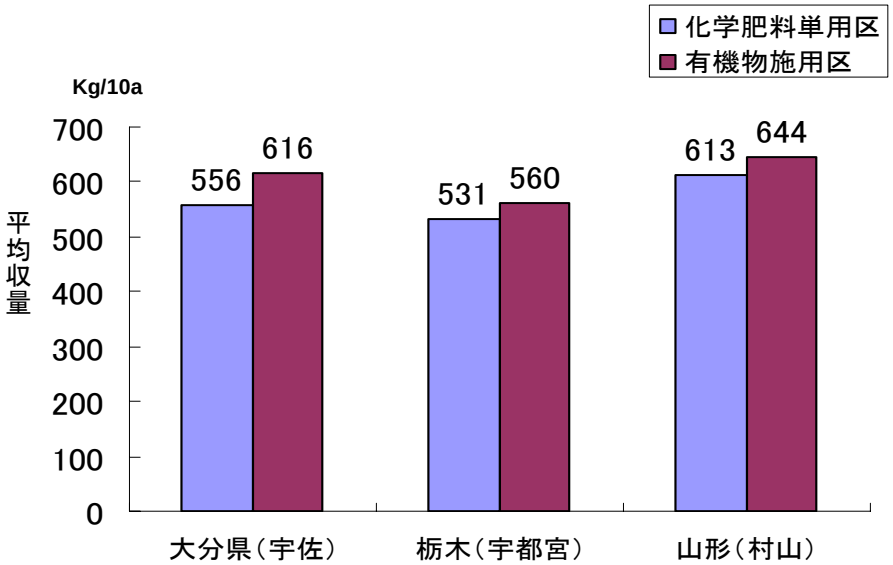
4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

①　作物生産機能

○　たい肥等有機物の施用は、土壌の物理的性質、化学的性質、生物的性質を改善することにより、生産性を向上させるとともに、冷害時や干害時等における安定的な農作物の生産の確保にも効果を有する。

○たい肥施用が水稲収量に及ぼす効果

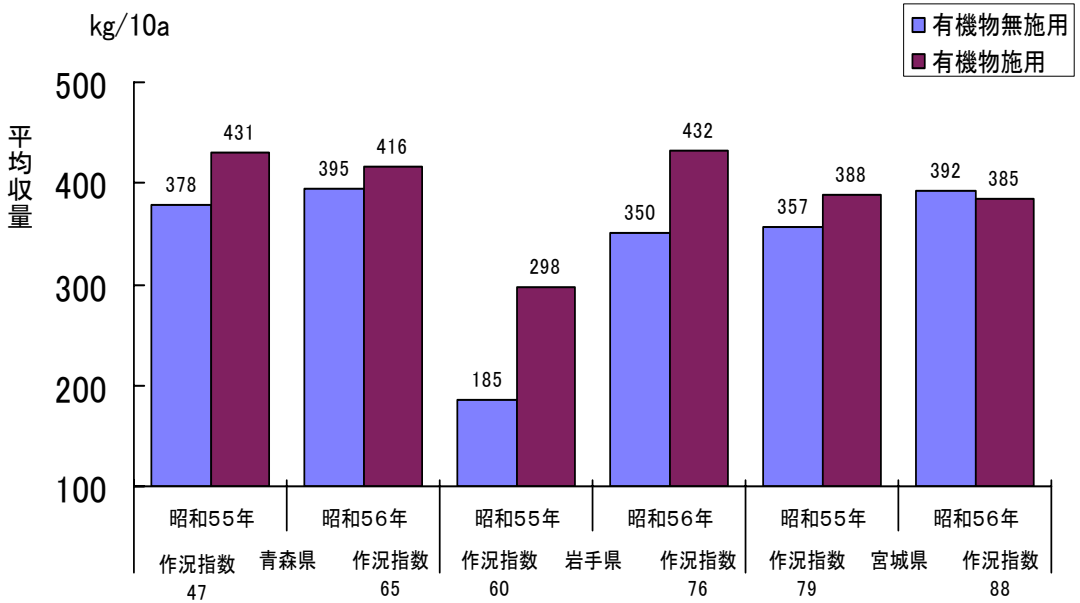


資料：土壌環境基礎調査（基準点調査）

各試験地の概要

大分県： ・試験期間1982～97（16年間） ・1994,1996～97年の収量の平均	有機物施用区：稲わらたい肥（1トン/10a）
栃木県： ・試験期間1984～97（14年間） ・1995～97年の収量の平均	有機物施用区：稲わらたい肥(1.5トン/10a） *窒素減肥（-1.0Nkg/10a）
山形県： ・試験期間1982～97（16年間） ・1994,1996～97年の収量の平均	有機物施用区：たい肥1.5トン

○たい肥施用が冷害時における水稲収量に及ぼす効果



資料：土壌環境基礎調査（定点調査）

4　土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

②　炭素貯留機能

○　たい肥等有機物の施用は、土壌中の炭素の貯留に高い効果を有するが、その貯留効果は、施用する有機物の量や種類により異なる。

○　特に、微生物による分解を受けにくいバークたい肥は、炭素貯留効果が高い。また、稲わらたい肥の施用は稲わらすき込みと比べて炭素貯留効果が高いということが認められた。

○たい肥施用量と年間炭素貯留増加量との関係

①稲わらたい肥

土壌群	施用量	年間炭素貯留増加量（トンC／ha／年）	連用期間	試験地
黒ボク土	1.5トン/10a	0.181	12年	山梨県
	3.0トン/10a	0.267		
黄色土	3.0トン/10a	2.233	22年	岡山県
	6.0トン/10a	4.183		

資料：土壌環境基礎調査（基準点調査）普通畑のデータ
注：山梨県、岡山県ともに多毛作ほ場のデータ

②家畜ふんたい肥

土壌群	施用量	年間炭素貯留増加量（トンC／ha／年）	連用期間	試験地
褐色森林土	1.0トン/10a	0.644	13年	香川県
	3.0トン/10a	1.987		
黄色土	2.0トン/10a	0.981	12年	福岡県
	4.0トン/10a	1.510		

資料：土壌環境基礎調査（基準点調査）普通畑のデータ
注：福岡県については多毛作ほ場のデータ

○有機質資材の種類と年間炭素貯留増加量との関係

土壌群	種　類	施用量	年間炭素貯留増加量（トンC／ha／年）	連用期間	試験地
黒ボク土	稲わらたい肥	5トン／10a	0.266	17年	静岡県
	豚ぷん厩肥	5トン／10a	0.657	17年	
	バークたい肥	5トン／10a	1.037	17年	
黄色土	稲わらたい肥	5トン／10a	0.890	16年	静岡県
	豚ぷん厩肥	5トン／10a	1.655	16年	
	バークたい肥	5トン／10a	2.760	16年	

土壌群	種　類	施用量	年間炭素貯留増加量（トンC／ha／年）	連用期間	試験地
グライ土	稲わらすき込み	0.7トン／10a	0.309	14年	熊本県
	稲わらたい肥	1トン／10a	0.516	14年	

資料：土壌環境基礎調査（基準点調査）のデータ 黒ボク土・黄色土：普通畑、グライ土：水田
注1：いずれも多毛作ほ場のデータ
注2：稲わら0.5tは稲わらたい肥1tに相当するものとして評価。

4　土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

②　炭素貯留機能

○堆きゅう肥の施用と農地土壌における炭素貯留増加量との関係（諸外国のデータ）

	栽培条件等		年間炭素貯留増加量に係るデータ	備　考
IPCCｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ	温帯／高緯度帯,熱帯	乾燥	補正係数：**1.37**（±12%）	補正係数は、「残渣の投入」を1.00として、堆きゅう肥を投入した場合における炭素貯留量のデフォルト値。
		湿潤／多雨	**1.44**（±13%）	
	熱帯山地	NA	**1.41**（±50%）	
EU	表層30cmに53炭素ﾄﾝ/haを含有する実験圃場		最大貯留量：**1.38 CO_2ﾄﾝ/ha/年**（>±50%）	出典：OECD専門家会合(2002)におけるEU提出ペーパー
英国	英国ローザムテッド試験場		(無堆肥区(1843年～))　炭素割合：1.10%	出典：EU委員会技術作業部会(2006)
			(堆肥投入区(1843～))　**2.23%**	
タイ	ﾄｳﾓﾛｺｼ畑土壌（タイ）		(対照区)　－0.105±0.1炭素ﾄﾝ/ha	出展：JIRCAS (Matsumot et al) データは試験開始から2年後の数値。
			(牛糞区)　**+3.8±0.3炭素ﾄﾝ/ha**	

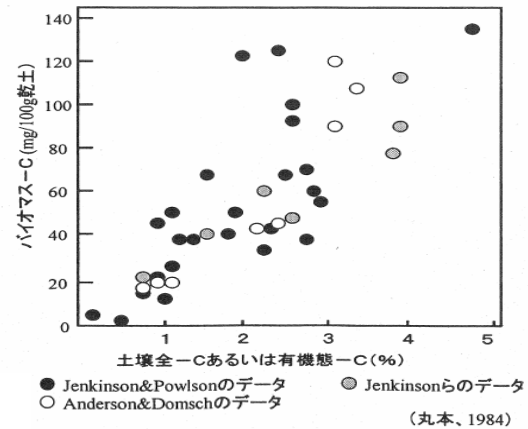
4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

③　物質循環機能、水質・大気の浄化機能

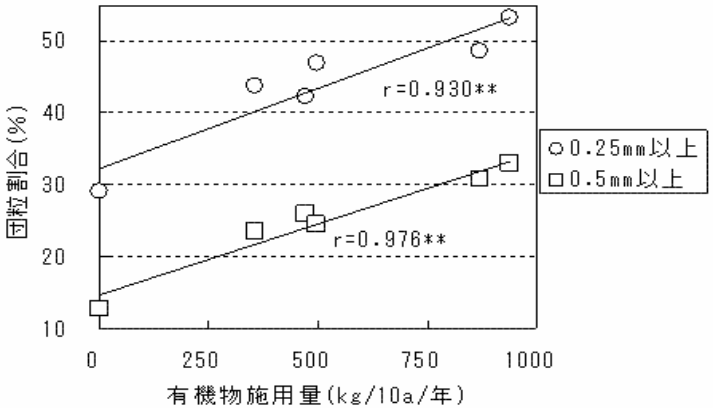
○　また、たい肥等有機物の施用は、
　・　土壌微生物の活性を高め、土壌の有する物質循環機能を向上するとともに、
　・　陽イオン交換容量の増加や土壌団粒の形成等を通じ、水質・大気の浄化機能を向上する
など、全ての土壌機能の健全な発揮に不可欠。

○有機物施用による土壌微生物の増加



資料：新・土の微生物（1）耕地・草地・林地の微生物（博友社，平成8年11月）

○有機物施用による団粒の形成



資料：平成17年度北海道立北見農業試験会議資料

○有機物施用による陽イオン交換容量(保肥力)の増加

単位：meq/100g

	１９７６年（初年度）	１９８５年（１０年後）	１９９５年（２０年後）
化学肥料単用区	10.90	10.73	10.47
稲わら区	10.80	10.88	11.06
稲わら＋豚ぶんたい肥２ﾄﾝ区	10.80	12.03	12.94

資料：土壌環境基礎調査（石川県農業試験場）

注：水田（グライ土）
　1985年及び1995年の値は前後1年のデータを含む3ヵ年平均

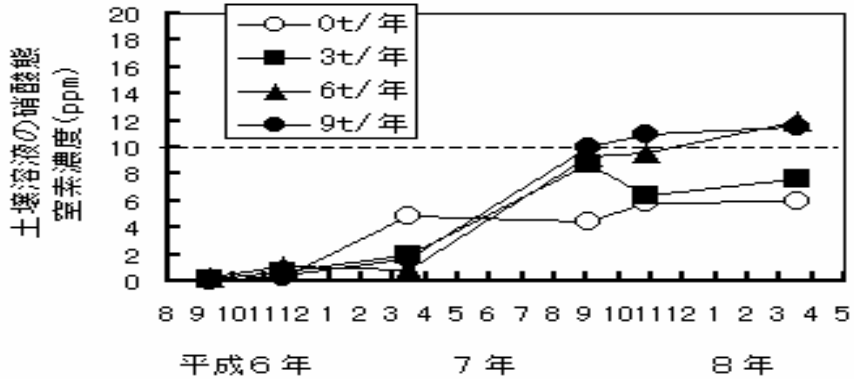
4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

④　有機物の施用に当たっての留意事項

○　有機物の過度な施用は、土壌中の窒素含有量の増加をもたらし、地下水等環境への負荷を拡大することも懸念されることから、有機物の施用に当たっては、土壌診断を行うことにより、有機物中の肥料成分を勘案した適正な施肥を行うことが必要。

○たい肥の連用が土壌溶液（70cm深）の硝酸態窒素濃度に及ぼす影響



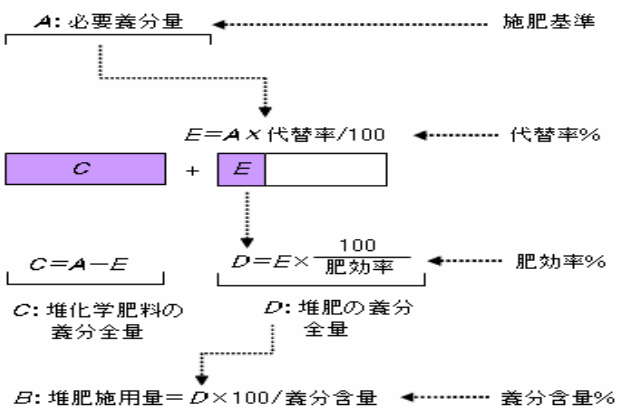
資料：平成10年北海道農業試験会議資料

○たい肥中の肥料成分を勘案した施肥量算出の考え方

１．三要素必要量の算出
作物別施用基準を基本とする
施肥基準量≧（堆肥中の三要素の有効成分量＋化学肥料の施用量）
土壌診断などによる施肥量増減の指示にしたがう

２．化学肥料と堆肥の併用量の算出
当該地域の併用基準がある場合は、それを優先する
併用指示がない場合は、
① 代替率に基づき、施肥基準の必要窒素量のうち、堆肥で供給する代替量を算出
② 堆肥の窒素肥効率に基づき、代替窒素量に必要な堆肥窒素を算出
③ 堆肥の窒素含有率に基づき施用量を算出
④ 三要素を施肥基準内の調整し、不足分を化学肥料で補う

３．環境基準との関係を検討
化学肥料と堆肥の窒素合量を施用した場合に環境基準を超えるおそれがないか既往試験、調査などの利用を検討する



資料：環境保全型農業事典　丸善（株）

4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（１）有機物の施用

④　有機物の施用に当たっての留意事項

○　豚ぷんたい肥等の連用は、土壌中に銅、亜鉛を蓄積させることもあるので、施用に当たっては、こうした点にも留意し、過度な施用とならないよう留意することが必要。

○たい肥連用と土壌中の重金属含有量との関係

（単位：mg/乾土kg）

試験区		全重金属	
		Cu	Zn
黒ボク土	三　要　素	30.9	74.5
	無　窒　素	31.0	76.8
	稲わらたい肥5t	30.9	79.2
	豚ぷんたい肥5t	42.8	157.1
	バークたい肥5t	31.8	82.3
黄色土	三　要　素	28.6	69.3
	無　窒　素	29.3	69.2
	稲わらたい肥5t	27.3	67.0
	豚ぷんたい肥5t	41.6	160.3
	バークたい肥5t	27.4	66.8

資料：農業環境基礎調査（静岡県農試－基準点調査）
注：1992年（24作目）カンショ跡地土壌

(参考) 施用たい肥の重金属含有量

（単位：mg/乾物kg）

	Cu	Zn
稲わらたい肥	27	145
豚ぷんたい肥	198	1,979
バークたい肥	19	105

４　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（２）土壌診断に基づく適正な施肥

○　たい肥等有機物施用の減少が懸念される一方、近年、塩基等土壌養分の過剰や塩基バランスの悪化といった先進国特有の問題も顕在化しており、こうした土壌は農産物の収量・品質が低下するのみならず、土壌微生物の活性が低下し、物質循環機能、水質・大気の浄化機能等各種の土壌機能の発揮に支障。

○　また、養分過剰等の土壌は、水質等への環境負荷を増大させる可能性があることから、土壌が有する物質循環機能を活用した有機性資源の受け入れができなくなり、循環型社会の構築にも支障。

○　こうした中、今後の土づくりに当たっては、土壌診断に基づく適正な肥料、たい肥の施用等が不可欠。

○養分過剰や塩基バランスの悪化等が土壌機能に与える影響

＜農地土壌の現状＞　　＜土壌機能への影響＞

・塩基過剰
・塩基バランスの悪化

→ 品質・収量の低下

→ 微生物活性の低下

→ ・物質循環機能の低下
・水質・大気の浄化機能の低下

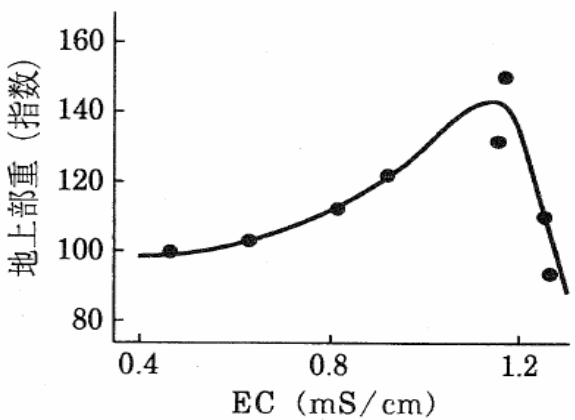
→ 資源型社会の構築に支障

・窒素、リン酸の過剰

→ 窒素やリン酸を多く含む家畜排泄物や食品廃棄物等の有機性資源の土壌への還元に制限

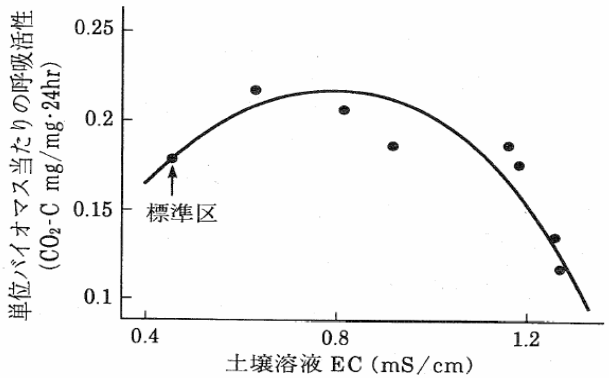
→ 資源型社会の構築に支障

○収量への影響 (チンゲンサイ)



出典：金森（1998）

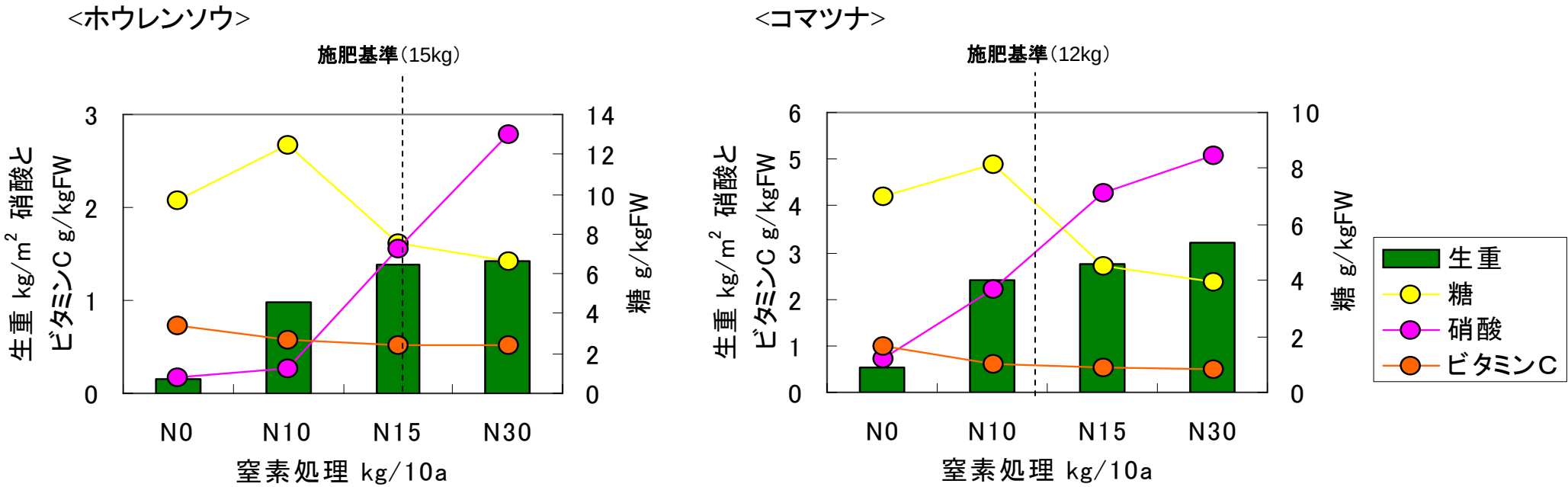
○微生物活性への影響



（２）土壌診断に基づく適正な施肥

○　また、窒素肥料の多施用は、作物中の硝酸性窒素の増加や糖度、ビタミンC含有量の低下を引き起こすことから、安全で高品質な農産物を供給していく観点からも、土壌診断に基づく適正な施肥を推進することが必要。

○窒素施用量がホウレンソウ、コマツナの品質に与える影響



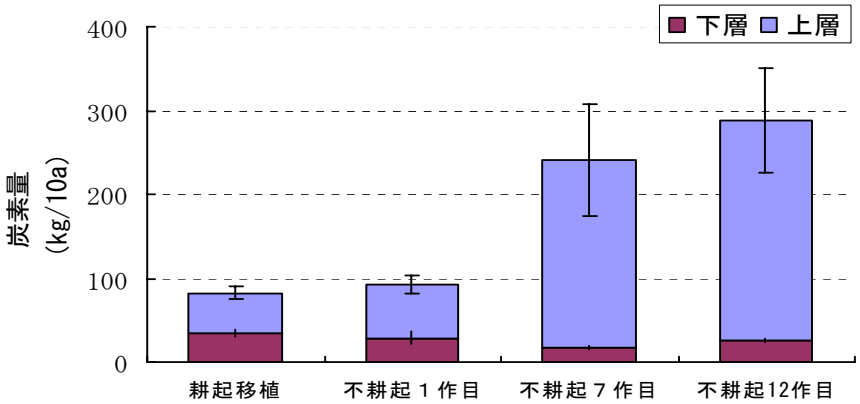
資料：建部雅子他（1995）：窒素施用がホウレンソウとコマツナの生育と糖、アスコルビン酸、硝酸、シュウ酸含有率に与える影響
(土肥誌，66，238-246)

4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（３）不耕起栽培

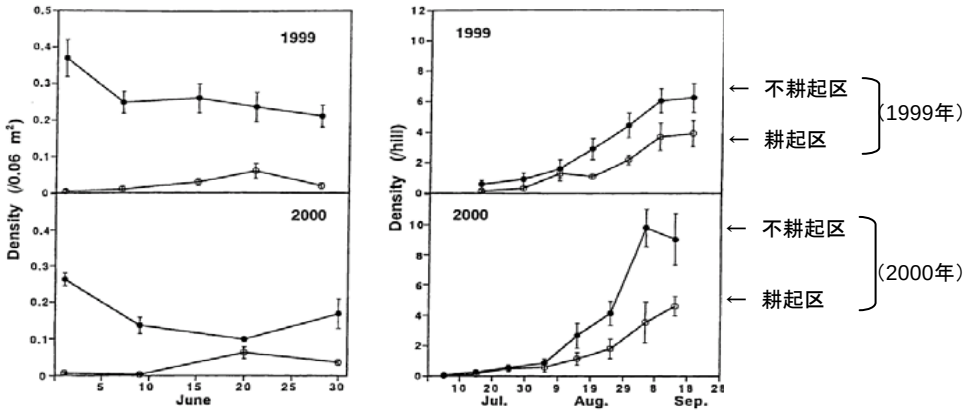
○　不耕起栽培・省耕起栽培は、土壌有機物の分解の抑制、土壌侵食の防止等を通じ、炭素の貯留に効果。
○　このほか、ほ場における生物多様性の保全や、生産の省力化、燃料の節減等を通じた生産コストの低減等にも一定の効果を有している。

○水田（稲作）における不耕起栽培による土壌炭素の貯留効果



資料：岡山県農業総合センター農業試験場

○不耕起栽培による生態系への影響（報告事例）



耕起水田と不耕起水田におけるコモリグモ類の平均密度の推移
(白抜き：耕起区、黒塗り：不耕起区)

○普通畑における省耕起栽培による土壌炭素の貯留効果

	慣　行 （A）	省耕起 （B）	（B−A）
土壌炭素の減少量 （tC/ha/年）	▲2.88	▲1.98	+0.9

資料：土物誌105別刷（農地管理法の違いと土壌炭素（古賀(2007)）

注：慣行耕起：春整地2回と収穫後
　　プラウ耕起（深さ25cm）
　　省耕起：春整地1回（深さ10cm）のみ
　　試験地：北海道農業研究センター芽室研究拠点

○不耕起栽培のメリット

①土壌侵食の防止
②土壌水分の保持（特に乾燥地域における効果）
③労力・燃料の節約
④土壌微生物・土壌生物の増加
⑤土壌肥沃度の向上

4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（３）不耕起栽培

○　土壌侵食の被害が深刻な米国等では不耕起栽培技術の普及が進められており、多くの炭素貯留に関するデータが整備されている。

○　米国のデータでは、不耕起栽培による栽培前と栽培後を比較すると、トウモロコシ又は小麦の連作では、＋0.330～＋0.585炭素トン/ha/年、輪作及びカバークロップでは＋0.660～＋1.310炭素トン/ha/年の炭素貯留効果が認められている。

○不耕起栽培の炭素貯留効果に関する諸外国の研究報告例

	土壌・栽培条件等	炭素貯留増加量に係るデータ
EU	表層30cmに53炭素トン/haを含有する実験圃場	最大貯留増加量：**0.39炭素トン/ha/年**
		（>±50%）
米国	トウモロコシ又は小麦の連作	（慣　行）　－0.105～－0.460炭素トン/ha/年
		（不耕起）　**+0.330～＋0.585炭素トン/ha/年**
	輪作及びカバークロップ	（慣　行）　－0.033～－0.065炭素トン/ha/年
		（不耕起）　**+0.660～＋1.310炭素トン/ha/年**
カナダ	Brown（炭素含有率：1.5%）	炭素貯留増加量(*)：**0.09炭素トン/ha/年**
	Dark Brown（2.3%）	**0.14炭素トン/ha/年**
	Black（3.8%）	**0.20炭素トン/ha/年**
	Gray ＆Black（2.5%）	**0.15炭素トン/ha/年**

資料：OECD専門家会合(2002)提出資料（EU、英国（米国の試験データを引用）、カナダ）
*：カナダのデータは表層15cmの炭素貯留増加量。

○IPCCガイドラインにおける耕起方法別炭素蓄積補正係数のデフォルト値

	気候条件	湿度条件	補正係数	不確実性	備　考
完全耕起	全区分	全区分	1.00	NA	土壌の反転を年に複数回行う場合。播種時において残渣に覆われる面積が30%未満。
簡易耕起	温帯／高緯度帯	乾燥	1.02	± 6%	耕起を行うが、土壌の完全な反転を行わない場合。播種時において残渣に覆われる面積が30%以上。
		湿潤	1.08	± 5%	
	熱帯	乾燥	1.09	± 9%	
		湿潤／多雨	1.15	± 8%	
	熱帯山地	n/a	1.09	±50%	
不耕起	温帯／高緯度帯	乾燥	1.10	± 5%	土壌への手入れは最低限のみとし、耕起をせずに直播する。除草剤は用いてもよい。
		湿潤	1.15	± 4%	
	熱帯	乾燥	1.17	± 8%	
		湿潤／多雨	1.22	± 7%	
	熱帯山地	n/a	1.16	±50%	

資料：2006IPCCガイドライン
注：NA 適用なし、n/a 分類なし

4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（３）不耕起栽培

○　一方、不耕起栽培は、雑草の繁茂による除草労力や除草コストの増大、湿害の発生、粘土質土壌における土壌孔隙率の低下等土壌物理性の悪化、水田における漏水等のデメリットがあることから、我が国では、水稲、麦、大豆で不耕起栽培の実績はあるものの、総じて普及率は低く、普及面積の大きい麦であっても、その普及割合は１%程度に過ぎない。

○不耕起栽培のデメリット

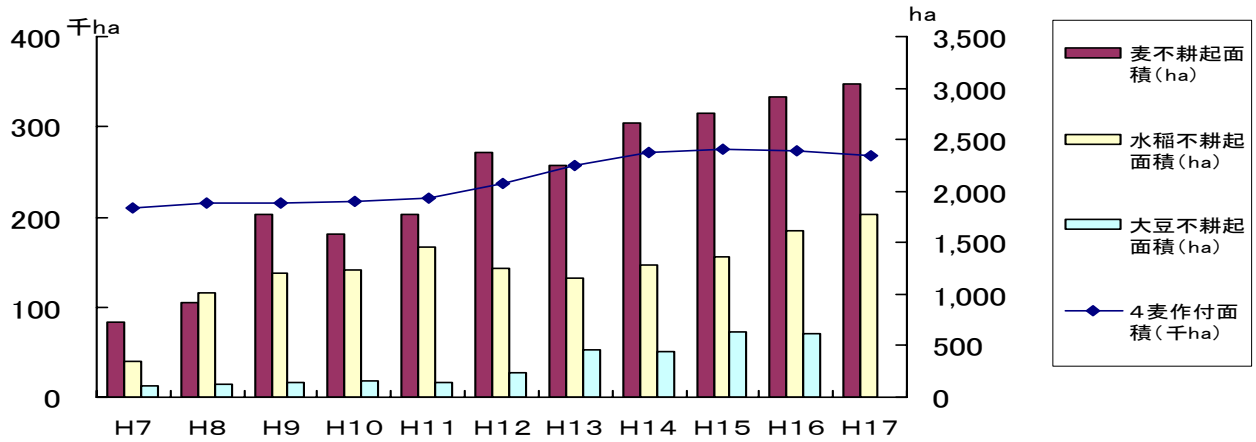
①雑草の繁茂（除草労力の増大）

②湿害の発生（排水不良土壌）

③土壌物理性の悪化（粘土質土壌における土壌孔隙率の低下）

④漏水の増加

○水稲、麦、大豆の不耕起栽培面積等の推移



資料：農林水産省農産振興課調べ

（参考）不耕起乾田直播栽培実証圃場の収量（岡山県農試）

単位：kg/a

栽培法（圃場）	不耕起直播開始年	平成6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年	15年	16年	17年
不耕起直播（B4）	平成7年～		50	55	56	55	52	58	56	57	51	50	48
不耕起直播（D2）	平成4年～	58	46	56	52	49	49	54	54	59	57	39	56
不耕起直播（D3）	平成6年～	63	48	54	56	51	53	59	59	57	51	43	52
不耕起直播（D4）	平成5年～	52	43	50	57	56	55	55	61	58	54	42	49
不耕起直播（C3）	平成10年～					47	52	60	50	51	57	49	51
不耕起直播平均		58	47	54	55	52	52	57	56	56	54	45	51
移植栽培平均		49	53	55	54	50	51	54	57	56	55	41	47
岡山県平均		53	52	52	49	51	50	53	53	54	50	49	52

資料：稲作技術指針（平成19年3月　岡山県農林水産部）

注：「岡山県平均」とは岡山県における水稲平均収量（資料：中国四国農政局統計部）

４　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（４）土壌侵食防止のための土壌管理

○　カバークロップの作付け、間作の実施といった土壌侵食の防止のための土壌管理は、有機物を多く含む作土の流出抑制を通じて、生産性の確保や土壌炭素貯留量の低下防止に高い効果。
○　また、土壌侵食による表土の流亡は、河川等の水質の悪化、さらには河川に生息する生物にも悪影響を及ぼしており、地域環境の保全の観点からも、土壌侵食の防止のための土壌管理を推進していくことが必要。

○土壌侵食を受ける可能性が高い農地の割合

（%）

	面積割合
普通畑	13.0
樹園地	21.1

資料：地力保全基礎調査

○土壌侵食を軽減するための営農活動の効果

年度	処理区	土壌流出量	
		（乾土kg/10a）	割合(%)
9	無処理	10,842	100
	畝間ライ麦播種	1,847	17
	畝間稲わら設置	1,495	14
10	無処理	8,559	100
	ライ麦＋稲わら	311	4
	畝間ライ麦播種	308	4

資料：ライ麦利用による黄色土ダイコン畑からの土壌流亡軽減技術
（岐阜県農業総合研究センター環境部）より抜粋
注1：圃場条件：細粒黄色土（赤山統）、斜面40m、斜度5°、畦幅1．2m
注2：各処理は斜面最下部及び一定間隔の畝間に施し、畦尻に設置した土砂溜に溜まった土砂量を定期的に観測した。

（参考）土壌侵食の防止に向けた取組事例

1　岐阜県郡上市高鷲町

・　細粒黄色土の傾斜地が主体で降雨が多いため、農地からの土壌流亡が顕著。

ダイコン畑の土壌流出量　（単位：乾土トン/10a）

	平成９年度	平成10年度
土壌流出量	10．8	8．6

※岐阜県農業総合研究センター調べ

・　河川汚濁、作土喪失の発生。
・　町が土壌流亡対策検討委員会を設置し、農業者が主体となって畝間への麦播種などの対策を推進。

2　群馬県吾妻郡嬬恋村

・　火山灰土壌で傾斜地のため、降雨による表土流失が顕著。
・　村は表土流出及び河川汚濁を防止するため、グリーンベルトの設置を推進。

（参考）土壌侵食防止のための土壌管理を行わない場合の土壌流亡量の試算

○　我が国は、農地の半分以上が水田であること、通常の営農管理の中で土壌侵食防止のための対策が講じられていることから、土壌侵食が欧米ほどに顕在化していない。一方で、降雨が多いこと、急峻な地形上に農地が存在していることから、畑や樹園地においては、土壌侵食防止のための措置を講じない場合、年間約3．8百万トン～8．2百万トン（平均で2．5トン～5．5トン/ha）の作土が流亡すると推計。これは約2～4千haの農地の作土の量に相当（仮比重1、作土20cmとして計算した場合）。

※　米国における水食による土壌流亡量は、2.6トン/ha(2003)

○特別の保全措置を講じない場合の農地からの土壌流亡量の推計

（土壌流亡予測式）
単位面積当たり土壌流亡量（A）
＝降雨係数（R）・土壌係数（K）・地形係数（LS）・作物係数（C）・保全係数（P）
※　地形係数（LS)＝斜面長係数（L）・斜面係数（S）

（試算）

①普通畑の土壌流亡量の推計

＝250．4（降雨係数（全国平均））×0．025（土壌係数（全国の普通畑平均））×0．2～0．5（作物係数）
×2．00（地形係数（全国の普通畑平均））×1，173千ha
＝2，937～7，343千トン

②樹園地の土壌流亡量の推計

＝250．4（降雨係数（全国平均））×0．031（土壌係数（全国の樹園地平均））×0．1（作物係数）
×3．42（地形係数（全国の樹園地平均））×332千ha
＝881千トン

③普通畑、樹園地からの流亡量の推計
3，818～8，224千トン（2．5～5．5トン/ha）

参考資料：①土地改良事業計画指針　農地開発（改良山成工）
②寒地土木研究所月報No645「統計資料等を用いて整理した都道府県別の土壌侵食因子の地域性について」
注　：斜面長は20mとして試算

（参考）傾斜度がほとんどない土壌における土壌流亡量の計算

○　また、傾斜がほとんどない土壌においても、土壌の性質や地域の気象条件によっては、相当量の土壌の流亡が発生する可能性。

○傾斜がほとんどない農地における土壌流亡量の推計

（試算１）傾斜がほとんどない裸地土壌における土壌流亡量

＝250．4（降雨係数（全国平均））×0．035（土壌係数（全国平均））×1．0（裸地の場合の作物係数）

×0．068（傾斜度0度の場合の地形係数）

＝0．59t/ha

（試算2）九州A県における傾斜がほとんどない褐色低地土の裸地土壌における土壌流亡量

＝562．2（A県の降雨係数）×0．059（褐色低地土（中粗粒、斑点なし）の土壌係数）×1．0（裸地の場合の作物係数）×0．068（傾斜度0度の場合の地形係数）

＝2．25t/ha

※斜面長が20mの場合（斜面長が80mの場合は、上記の土壌流亡量は2倍になる。）

参考資料：①土地改良事業計画指針　農地開発（改良山成工）

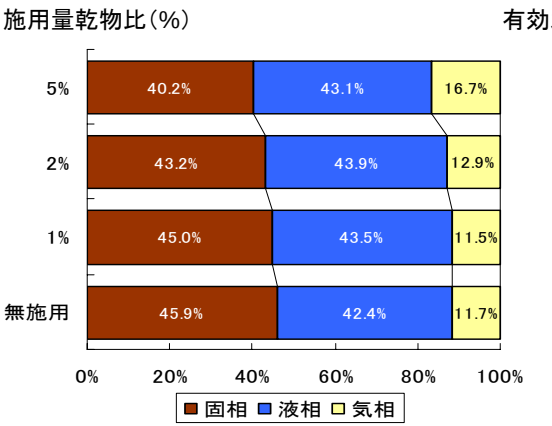
②寒地土木研究所月報No645「統計資料等を用いて整理した都道府県別の土壌侵食因子の地域性について」

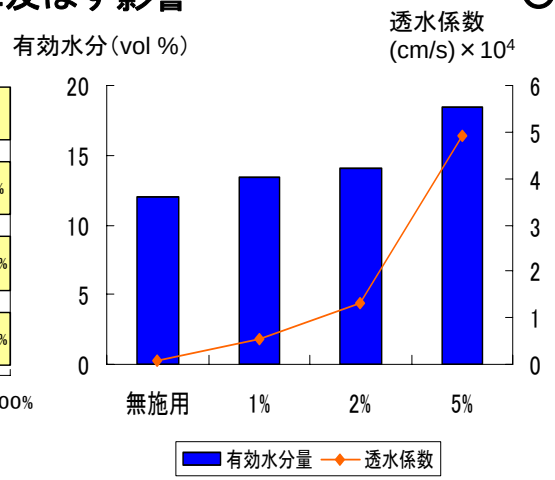
4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（５）土壌改良資材の施用

○　木炭は透水性の改善等土壌の物理性の改善を通じて、生産性の向上に効果。
○　また、木炭は極めて安定的な炭素を含んでおり、これは土壌中でほとんど分解されないことから、土壌中の炭素貯留量を増加させる効果が高い。さらに、木炭は温室効果ガスの吸着効果もあることから、その土壌への施用は、土壌中から排出されるメタンや一酸化二窒素の排出低減効果も期待。

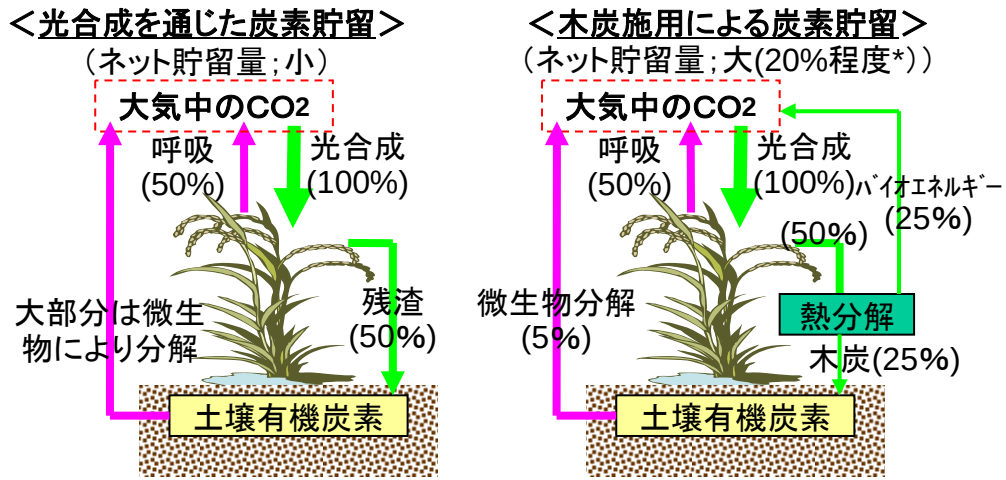
○木炭の施用が土壌物理性に及ぼす影響





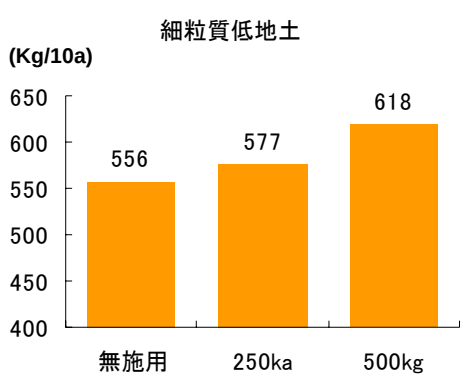
資料：今野ら（1991）（「土壌改良と資材」（（財）日本土壌協会））

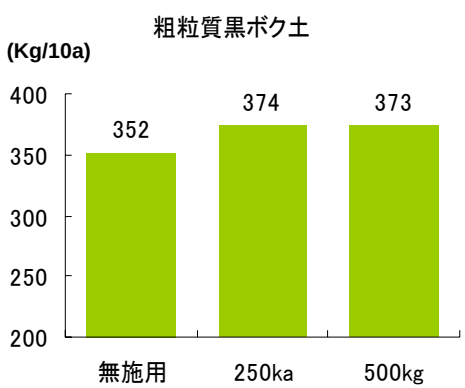
○木炭の施用による土壌炭素貯留（Nature誌447を基に作成）



＊ただし、ﾊﾞｲｵｴﾈﾙｷﾞｰの生成・運搬過程に生じるCO_2を加味するとネット貯留量は小さくなる。

○木炭施用が大豆の子実重に及ぼす影響

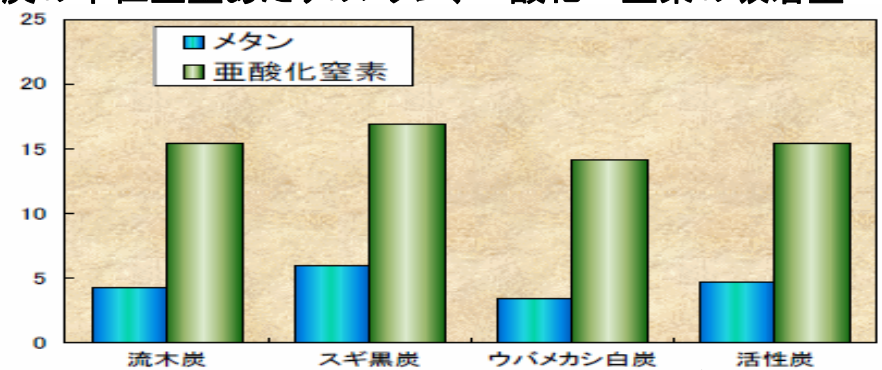




(木炭施用量は10aあたり)

資料：土づくりと土壌改良資材
（平成6年,全国肥料商連合会、全国農業技術員会協議会）

○木炭の単位重量あたりのメタン、一酸化二窒素の吸着量



資料：生物廃棄物の有効利用技術の開発（その１）－木炭による温室効果ガス、栄養塩類などの吸着－（寺添他）電力中央研究所報告（2002年8月）

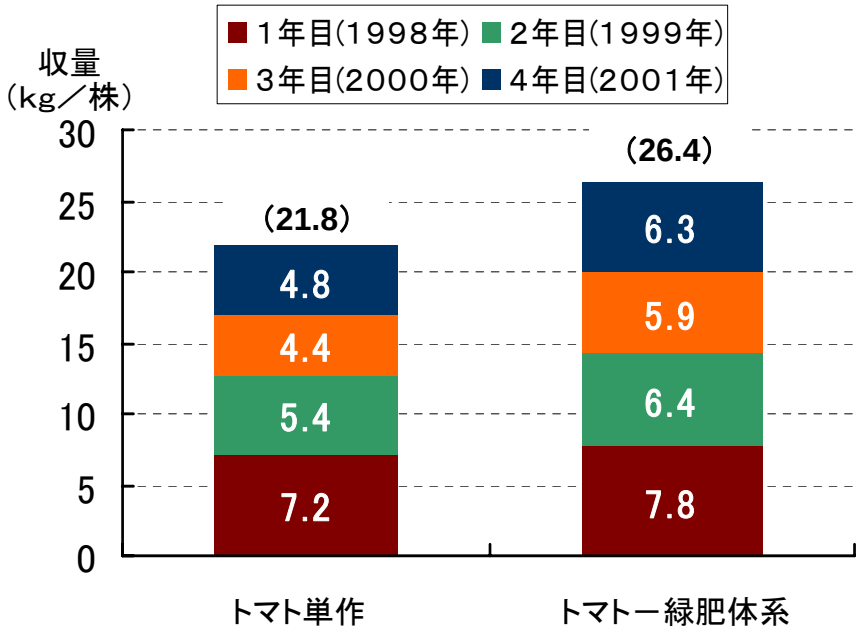
4　農地土壌が有する公益的機能の向上に効果の高い営農活動

（6） 多毛作

○　冬期間における、レンゲなど地力増進作物の作付けは、生産性の向上、土壌侵食の防止、土壌中に残留している窒素の吸収を通じた地下水への溶脱の抑制等の効果を有する。

○　また、二毛作を行った場合、単作に比べ一般的に土壌炭素の貯留量は高いレベルで維持される。

○トマト後作への緑肥の導入によるトマトの増収効果



注1）（　　）内の数値は、累積収量を表す

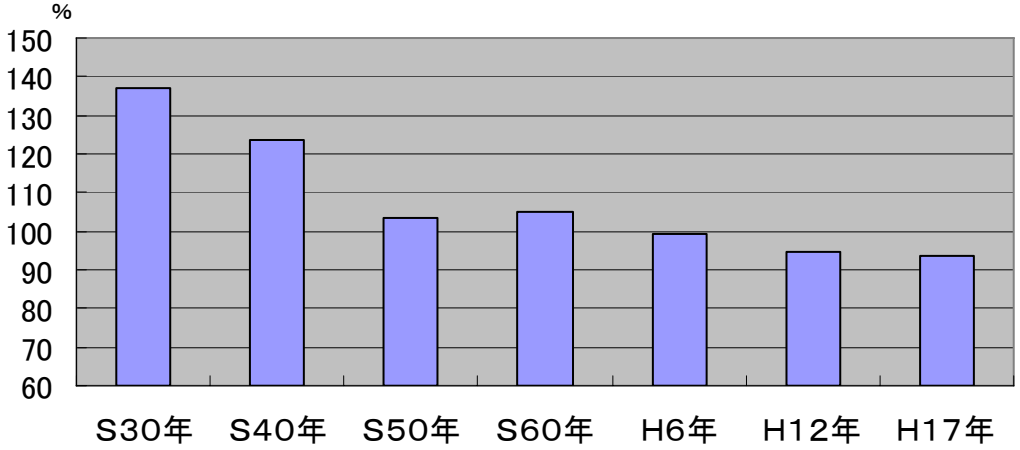
注2） 緑肥はギニアグラスを10a当たり0.4kg播種

資料：広島県立農業技術センター（2003）

○多毛作による炭素貯留の効果

単位：kgC/ha

	一毛作（＝a）	二毛作（＝b）〔陸稲－大麦 トウモロコシ－大麦〕	b－a
陸　稲	▲3,143	▲2,656	487
トウモロコシ	▲2,656	▲1,584	1,072

資料：農業環境技術研究所成果情報（小泉ら (1996)，小泉・中台 (1998)）

（参考）耕地利用率の推移