



甘肅省の長城(西端)



土壌圏の科学 11月20日 担当 西村
(生物・環境工学専攻)

低い食料自給率の背景にあるもの
有機廃棄物による土水劣化

<http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/> ¹

食糧の自給

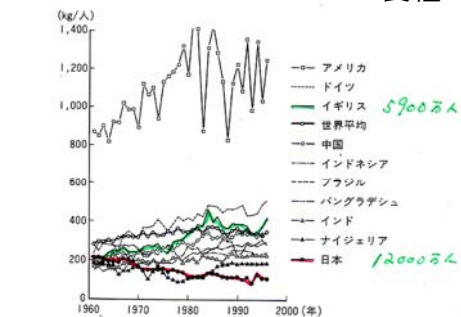
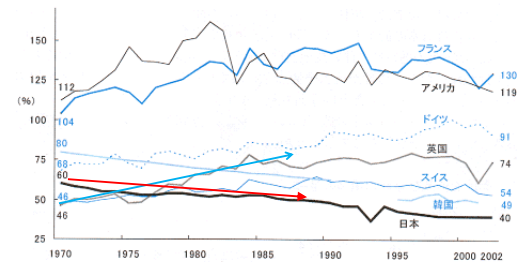


図 X-3 各国の1人当たり穀物生産量の推移 (FAOSTAT, 1997から作成)

2

食糧自給率(熱量ベース)



資料: 日本以外のその他の国についてはFAQ"Food Balance Sheets"等を基に農
林水産省で試算。ただし、韓国については、韓国農村経済研究院"Korean Food
Balance Sheet2001"による(1990,1980,1990及び1995～2001年)

3

クイズ

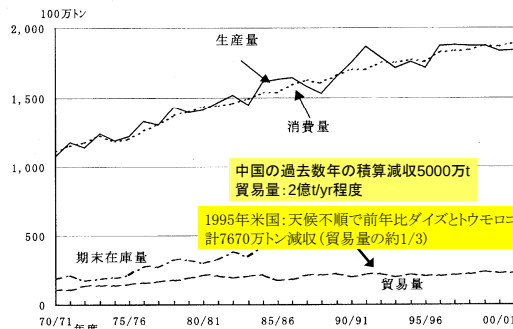
日本政府の食糧自給率の目標は？

1. 今のまま40%
2. 45%
3. 50%
4. 60%

食料自給率 (H12.12発表)

平成22年度 予想値:38%

平成22年度 目標値:45%



資料: USDA "Grain: World Markets and Trade, November 2001"

- 注: 1) いずれも小麦、粗粒穀物及び精米ベースの米の合計値である。
2) 生産量、消費量及び期末在庫量は各国の穀物年度の計数の合計値である。
3) 貿易量は、小麦は7～6月、粗粒穀物は10～9月 (75/76年度以前は7～6月)、米は1～12月の値である。

穀物貿易
価格穀物価格の高騰はか
ならずしみバイオエタノール
のせいではない。

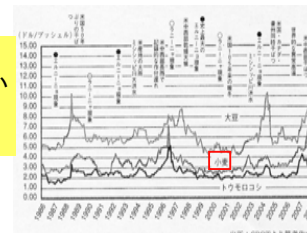


図1 シカゴ穀物相場(期近、月末値) 小麦価格の推移

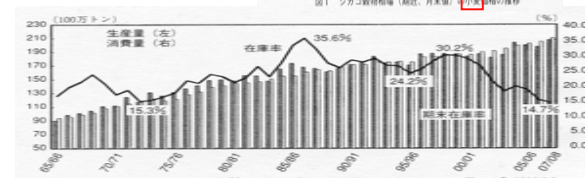
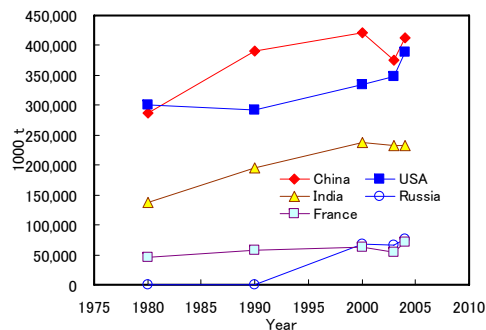
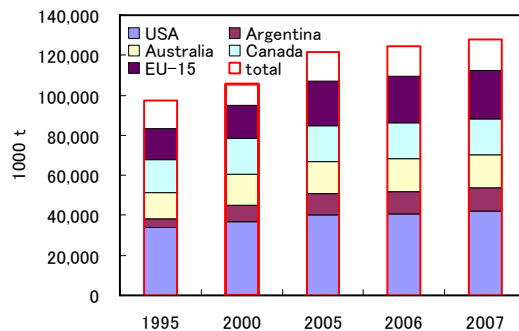


図2 世界の穀物需給および在庫率



穀物(コムギ+コーン+ダイズ+・・・)の生産量トップ5
ただし、中国、インドには輸出の余力はない

7



コムギの貿易量トップ4+EU
米国が4割以上、4カ国で8割以上を占める

8

自由貿易の制限

- EU: 07年～ 穀物の輸入課徴金撤廃(輸入の奨励策)
- インド: 07.10月～米の輸出制限
- アルゼンチン: 07. 11月～12月小麦輸出禁止
- ロシア: 07. 10月～08. 4月、穀物輸出関税を10%から40%へ増税
- 中国: 08. 1月～ 大豆輸入関税3%→1%、穀物輸出関税5%→25%

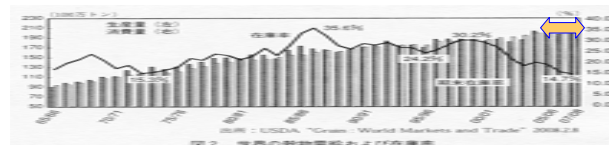
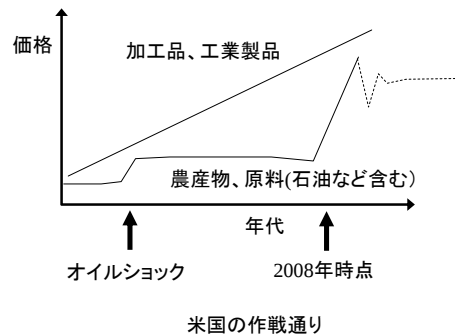


図2 世界の穀物需給および在庫率



10

低い食料自給率の背景にあるもの

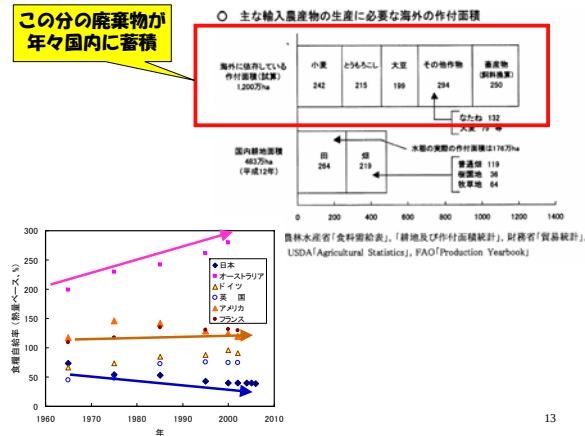
- 食料(穀物)価格は在庫量に敏感
 - 天候次第で、在庫は逼迫(凶作時には輸出禁止)
 - バイオエネルギーとの競合が懸案
 - 在庫量で値段が決まる
- 生産・輸出共に数カ国で寡占状態
 - アメリカの生産量が価格を左右する。
 - エネルギー作物宣言(ブッシュ)は、クリーンなエネルギーよりもクリーンな負債が目的
- 中国の人口増加は小休止、インドが問題
 - アジアの大国(含むインドネシア)には輸出力少

11

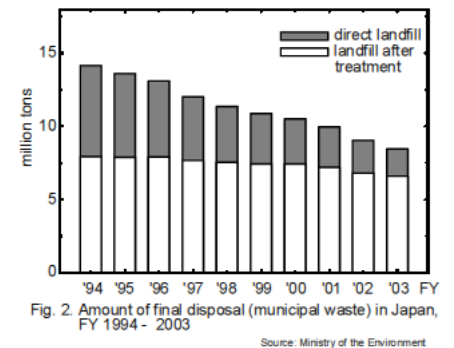
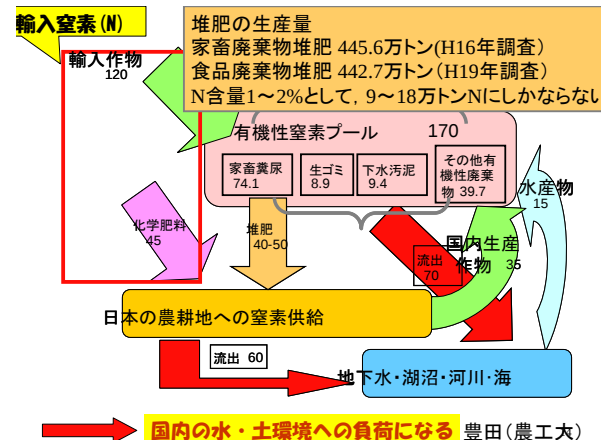
2. 食料輸入起原の環境負荷

- 日本の食料自給率は低い
- 食料安全保障のことはさておき
- 食料・飼料輸入に起因する水土環境問題に触れる

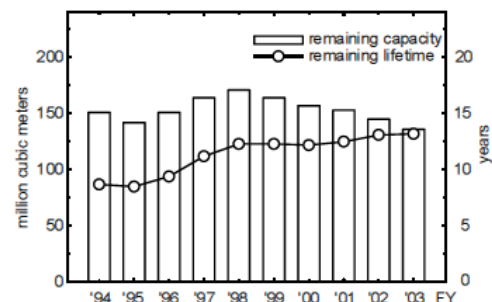
12



13



生活関連の廃棄物(ゴミ)の量: ゴミの減量は進んでいるが



国内の廃棄物処分場はあと15年程度で満杯

さらに埋め立て場の延命も含めて、廃棄物を再利用する必要がある

燃焼→熱回収(例:東京大学のプラスチックゴミ)
燃料化(メタン発酵、バイオエタノール...)
樹脂として再生

堆肥の生産量

家畜廃棄物堆肥 445.6万トン(H16年調査)

食品廃棄物堆肥 442.7万トン(H19年調査)

17

野菜を売るときに使って構わないフレーズはどれか?

- 有機栽培
- 低農薬
- 省農薬、健康野菜
- 無農薬
- 無化学肥料

堆肥利用のインセンティブ

有機栽培

化学合成農薬、化学肥料、化学合成土壌改良材を使わないで、3年以上を経過し、堆肥など(有機質肥料)による土づくりを行ったほ場において収穫された農産物を「有機農産物」、3年未満6ヶ月以上の場合は、「転換期間中有機農産物」と呼ぶ。

特に基準はない呼称

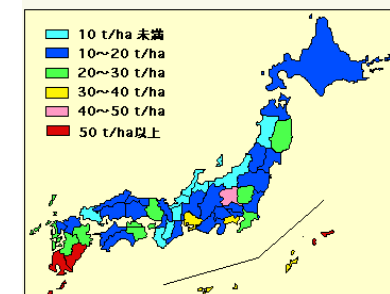
低農薬、省農薬、清浄野菜、健康野菜

H15年度までのガイドラインにおける「無農薬」、「無化学肥料」、「減農薬」、「減化学肥料」の表示は、H16年以降、新ガイドライン上行うことができない

有機農産物の日本工業規格による生産方法	圃場	肥料・土壌改良資材・農薬が飛来しないよう明確に区分された圃場で栽培。
	肥培管理	別表1に掲載されている肥料・土壌改良資材の使用は、可。
	種苗	管理基準に適合しているものを使用。組換えDNA技術で生産されたものは不可。
	防除方法	耕種的防除・物理的防除の適切な組合わせで行うことが基本。別表2は使用しても良い薬剤の主なもの。

別表1：農産物およびその残さに由来する堆肥・家畜および家禽排泄物に由来する堆肥。魚かす粉末・なたね油かす・草木炭・炭酸Ca肥料・塩化カリ・パーライト・ゼオライト・塩化Naほか、いずれも化学合成物質が添加されず、天然物由来のものに限られる。

家畜排泄物の農耕地への負荷量



バイオマス日本総合戦略 コンポストの農地への還元

農地を水田、畑地、樹園地、草地の4地目の分けて、堆肥を化学肥料とともに各地目に利用する。

例えば水田と草地を比較すれば窒素の受容量は草地の方が大きいので、草地面積の大きい地域では窒素受容量は相対的に大きく、負荷が減少することになる。

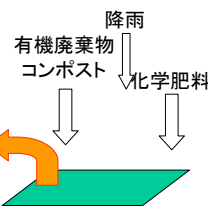
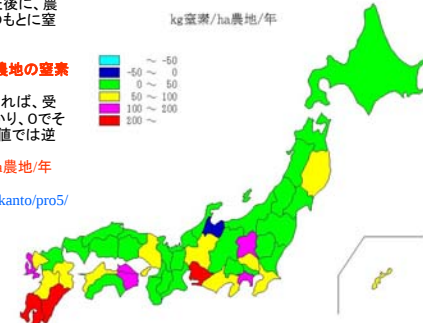
家畜排泄物を堆肥にした後に、農地で利用するという前提のもとに窒素負荷を算出。

バランス
＝(農地への窒素負荷－農地の窒素受容量)÷面積

バランスがプラスの値であれば、受容量より大きな負荷がかかり、0でそれらが釣り合い、マイナス値では逆に窒素が不足
日本平均で約40kg窒素/ha農地/年
(1995年センサス)

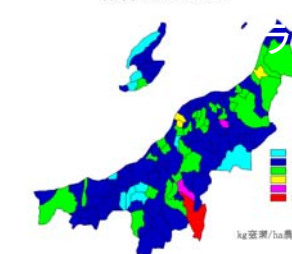
http://narc.naro.affrc.go.jp/kanto/pro5/indexlab3-1_j.html

窒素バランスマップ 農地への還元は○か×か



農地を水田、畑地、樹園地、草地の4地目の分けて、堆肥を化学肥料とともに各地目に利用する。
バランス＝(窒素負荷－農地の窒素受容量)÷面積

新潟県バランスマップ

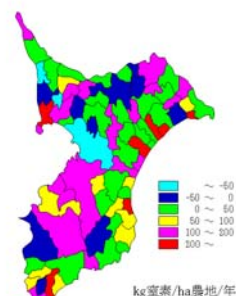


福島県バランスマップ

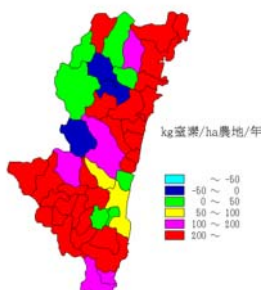


23

千葉県バランスマップ



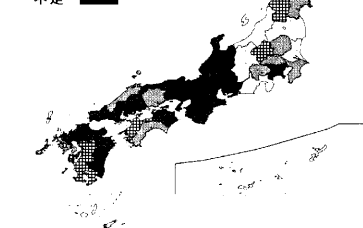
宮崎県バランスマップ



25

まだ余裕？

余裕量 (千トン/年)

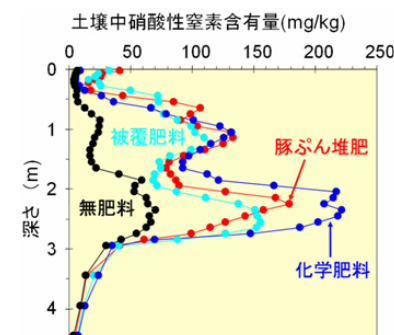


都道府県の農地・森林における有機堆肥吸収収容量 (安藤, 1998)

26

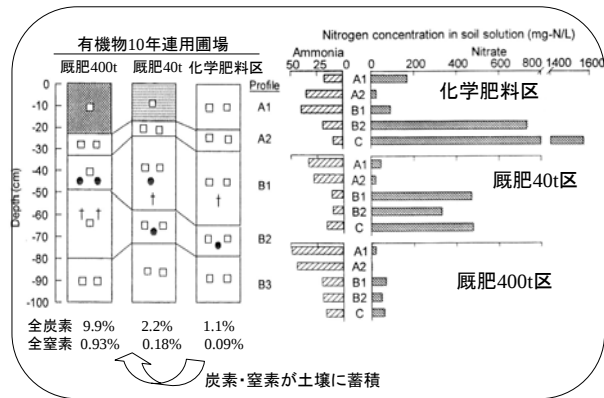
NARO 中央農業研究センター
黒ボク土畑地における硝酸分布
(実際に貯まりつつある硝酸)

もう余裕は無い？



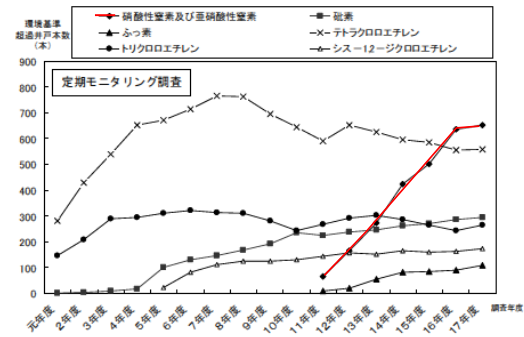
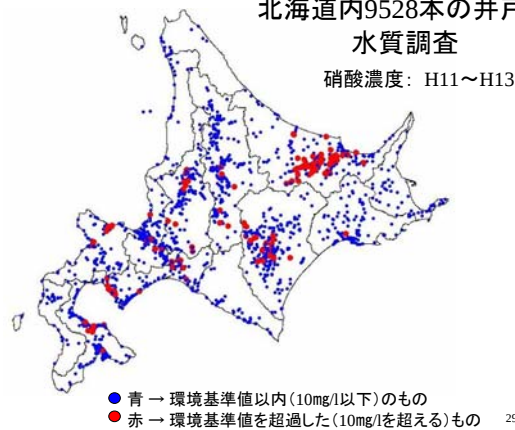
27

栄養分の過剰



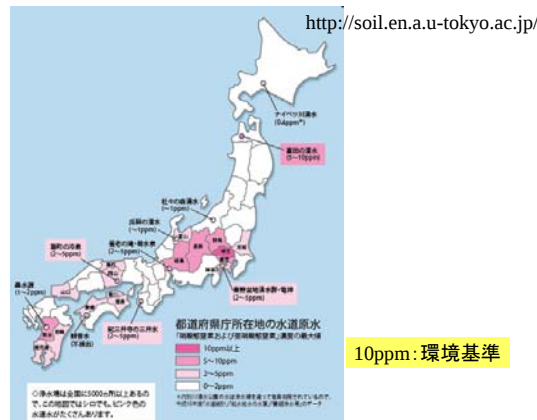
北海道内9528本の井戸の水質調査

硝酸濃度: H11~H13



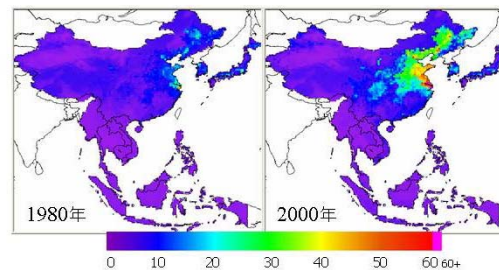
環境省H17年度地下水水質調査報告書

30



http://tabemono.info/report/report_7.html

31



窒素循環モデルに基づいた1980年と2000年の地下水窒素濃度分布 (mg N L⁻¹)

http://www.niaes.affrc.go.jp/magazine/081/

東アジアの地下水N濃度

農業環境技術研究所
(生物・環境工学専攻エコロジカルセーフティ連携講座) 新藤純子

32

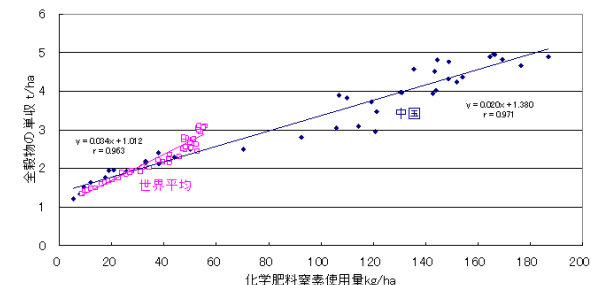


図1 中国と世界の化学肥料窒素使用量と全穀物単収の関係(1961~2002年: FAOSTAから作成)

● 化学肥料窒素の使用量を耕地+永年作物地面積で除いた値

他の国に3倍程度化学肥料を使用 (http://lib.ruralnet.or.jp/libnews/nishio/より)

肥料の利用効率は、いいとこ50%、残りは溶脱が多い

33

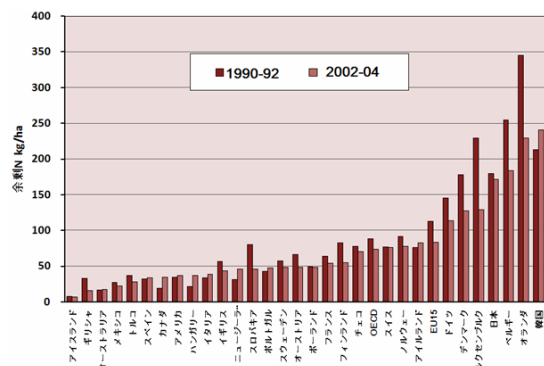


図1 OECD国における農地ha当たりの余剰窒素量の変化(OECD 2008から作成)

余剰窒素量 (施肥効率<50%程度以下)

lib.ruralnet.or.jp/libnews/nishio/nishio048.htm

34

国	%
ベルギー ¹⁾	32
デンマーク ²⁾	29
オランダ ³⁾	26
韓国 ⁴⁾	23.8
イタリア ⁵⁾	21.5
スペイン ⁶⁾	21
アメリカ ⁷⁾	20
ポルトガル ⁸⁾	19.4
フランス ⁹⁾	18
ギリシャ ¹⁰⁾	16
イギリス ¹¹⁾	14.6
スロバキア ¹²⁾	13.7
オーストラリア ¹³⁾	13.3
ドイツ ¹⁴⁾	10
ハンガリー ¹⁵⁾	9
チェコ ¹⁶⁾	7
日本 ¹⁷⁾	5
スウェーデン ¹⁸⁾	3
オーストラリア ¹⁹⁾	3
トルコ ²⁰⁾	2.5
フィンランド ²¹⁾	2
ノルウェー ²²⁾	0

地下水の硝酸問題

農業が原因となる地下水汚染は世界的問題

- ・ 有機廃棄物をどう扱うか?
- ・ 化学肥料をどう減らすか?



➡ 堆肥の利用

lib.ruralnet.or.jp/libnews/nishio/nishio048.htm

35

http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/

36

堆肥の生産量
家畜廃棄物堆肥 445.6万トン(H16年調査)
食品廃棄物堆肥 442.7万トン(H19年調査)

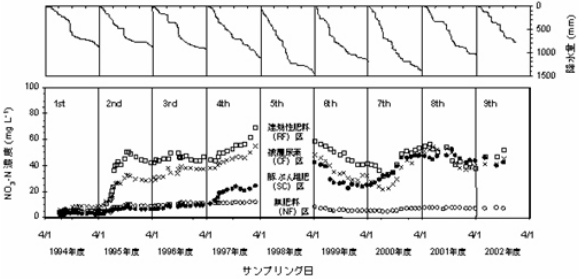
標準的な堆肥施用量

- 牛糞・豚糞
 - 普通10t/ha, 野菜・果樹で20t/ha
- 豚糞
 - 普通10t/ha, 野菜・果樹で10～15t/ha
- 鶏糞
 - 5t/ha

出荷分で5～10t/ha施用として, 90万～180万ha分

37

NARO 中央農業研究センター



深さ 1 m における土壌溶液中 NO₃-N 濃度の推移と年度毎の積算降水量
注) 土壌溶液はボーラスカップによってサンプリングした。
1998 年度はサンプリングしなかったが肥培管理は継続した。

堆肥からも硝酸が溶脱する。(沢山入れれば)

38

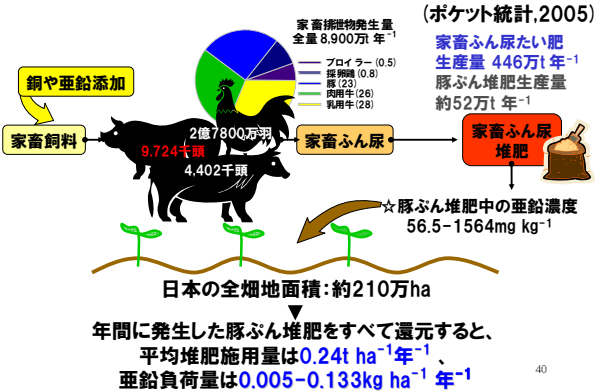
家畜ふん堆肥施用による重金属負荷

・家畜飼料への亜鉛, 銅の添加
増体促進, 薬理的効果(増田ら,2002)
・亜鉛は豚ふん堆肥として5.4～11.8倍に濃縮される。
(磯部,1999; Nicholson et al.,1999)
(抗生物質・成長促進ホルモンの代わりに金属を与えている)

・家畜ふん堆肥に含まれる重金属は作土層に蓄積
(堀ら,2005; Brock,2006;Zhao et al.,2006)

堆肥による土壌汚染のリスク

39



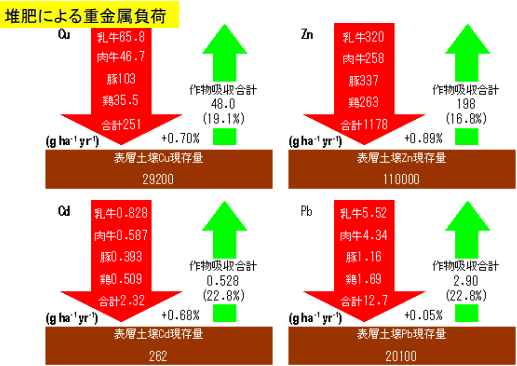
40

表1 イギリスの下水汚泥の農業利用における土壌の亜鉛, 銅, カドミウムの含有上限値 (ADAS et al (2007)から作成)		
	推奨上限値(下水汚泥の農業利用に関する優良行為規範)	許容上限値(汚泥の農業利用に関する注)
亜鉛(Zn)	pH 5.7の土壌: 200 mg/kg土壌 pH 5.7の土壌と炭酸カルシウム含有率>5%の土壌: 300 mg/kg土壌	pH 5.0-5.5の土壌: 200 mg/kg土壌 pH 5.5-6.0の土壌: 250 mg/kg土壌 pH 6.0-7.0の土壌: 300 mg/kg土壌 pH >7.0の土壌と炭酸カルシウム含有率>5%の土壌: 450 mg/kg土壌
銅(Cu)	pH 5.0-5.5の土壌: 80 mg/kg土壌 pH 5.5-6.0の土壌: 100 mg/kg土壌 pH 6.0-7.0の土壌: 135 mg/kg土壌 pH >7.0の土壌と炭酸カルシウム含有率>5%の土壌: 200 mg/kg土壌	
カドミウム(Cd)	pH 5.0の土壌: 3.0 mg/kg土壌	

日本
土壌管理基準: 重金属等の蓄積防止に係る管理基準
土中の亜鉛濃度が120mg kg⁻¹を越えた農地にさらに堆肥(や下水汚泥)を施用することは望ましくない(罰則規定は無し)。

元々は下水汚泥を農地還元するときの規制

41



この他に、大気からの沈着量として、Cu:5-100, Zn:20-640, Cd:0.1-1.0, Pb:5-100 g ha⁻¹ yr⁻¹ (Nicholson et al 2003), 土壌からの溶脱量として、Cu:20-40, Zn:40-640, Cd:0.3-4.0, Pb:8.0-60 g ha⁻¹ yr⁻¹ (Brenkens et al 2000), 肥料からの投入量が加わる。

図1 我が国の草地飼料畑単位面積あたりの重金属の投入量と収容量

畜産草地研・草地生態部・物質動態研究室

近畿中国四国農業研究センター(以下、近中四) 野菜部園場

- ⑤ 豚ふん堆肥3倍量施用園場(⇔ TPFM)
 - ⑥ 豚ふん堆肥標準量施用園場(⇔ SPFM)
 - ⑦ 化学肥料施用園場(⇔ CF)
- 細粒褐色低地土, L～SiC(1996,近中四)

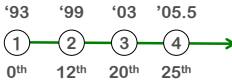
京都府綾部市

表1 各試験区の施肥条件

	CF	SPFM	TPFM
豚ふん堆肥施用量 (t ha ⁻¹ 作 ⁻¹)	0.0	26.6	79.8
窒素含有量 (kg ha ⁻¹ 作 ⁻¹)	180	180	540
亜鉛含有量 (kg ha ⁻¹ 作 ⁻¹)	0.0	2.8	8.5
亜鉛の推定蓄積量 ^a (mg kg ⁻¹ 作 ⁻¹)	0.0	1.6	5.0

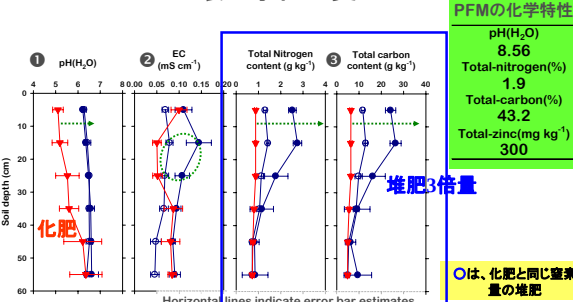
亜鉛の推定蓄積量:
豚ふん堆肥の亜鉛含有量から試算した土壌深さ15cmまでの1作当たりの蓄積量
TPFMの乾燥密度は0-10cm(1.07g cm⁻³),10-15cm(1.24g cm⁻³)
SPFMでは0-10cm(1.13g cm⁻³),10-15cm(1.31g cm⁻³)
CFでは0-10cm(1.20g cm⁻³),10-15cm(1.35g cm⁻³) (飯下,2006)として計算した⁴³

現地調査



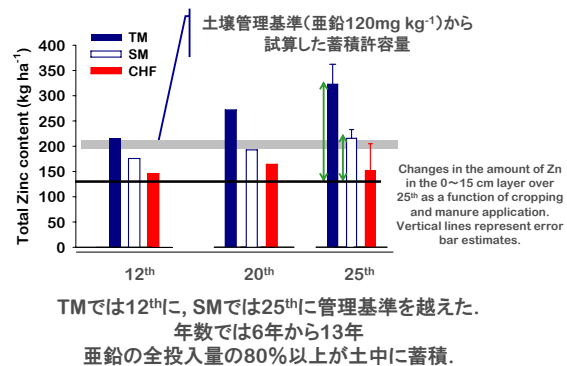
- ① PFM施用試験開始(年2作)
- ② 亜鉛の蓄積量調査
- ③ (堀ら,2005)
- ④ 各試験区において・・・
作土層と作土層下から不かく乱土壌試料の採取→乾燥密度の測定へ
0～60cmから10cmごとにかく乱土壌試料の採取→亜鉛濃度の測定へ

土壌化学性の変化



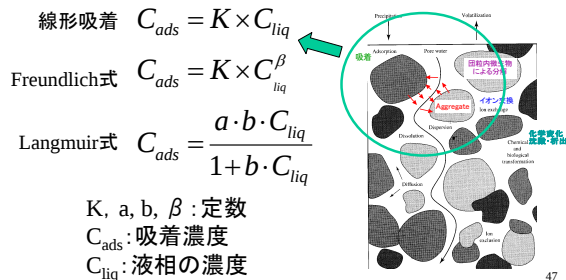
CHFと比べ,SM・TMでは①深さ0～30cmの酸性化抑制,
②10～20cmEC上昇,③0～20cmの全炭素・全窒素含量の増加

作土層における全亜鉛蓄積量の経年変化



吸着等温線について

- 化学物質の吸着の程度の指標
- 液相の濃度に応じて吸着する



豚糞堆肥を入れたらどうなったか

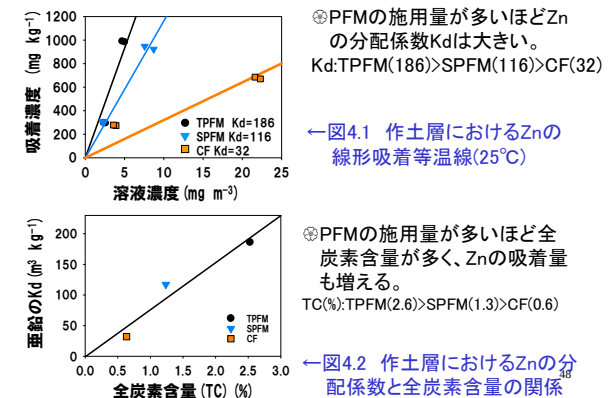


表2 作土層におけるZnの蓄積濃度

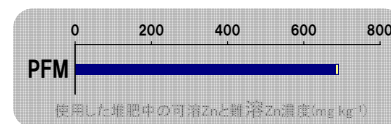
	試験区	0-6年目	6-10年目	10-12.5年目
		mg kg ⁻¹		
1作あたりの堆肥投入量中の亜鉛濃度	TPFM	4.74	4.90	5.03
1作あたりの平均亜鉛蓄積濃度	〃	3.83	4.26	4.00
1作あたりの堆肥投入量中の亜鉛濃度	SPFM	1.52	1.56	1.57
1作あたりの平均亜鉛蓄積濃度	〃	1.58	1.53	1.50

⊙TPFMの1作当たりの平均亜鉛蓄積濃度は1作当たりの堆肥投入量中の亜鉛濃度より低い。
 →TPFMにおいて全Znは作土層に留まらず下層へ移動している。

49

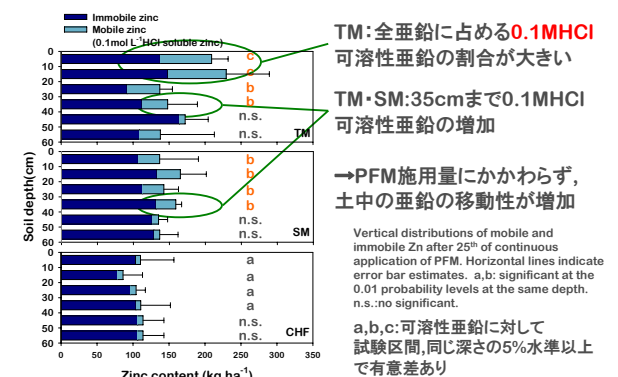
土中では酸によって物質が溶ける

- 酸性雨
- 根酸
 - クエン酸, マロン酸, ムギネ酸……
- 可溶-不溶
 - 薄い(もしくは弱い)酸に溶けて移動するかどうか



50

可溶性・不溶性亜鉛の土中の垂直分布



<http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/>

今日の最後

- 低食糧自給率→窒素, リンの流入
- 過剰な窒素, リンによる河川, 湖沼, 地下水, 土壌の富栄養化の進行
- 有機性廃棄物の有効利用→堆肥化
- 畜産廃棄物堆肥の問題点
 - 富栄養化, 重金属汚染
- さてこれからどうしたらよいのか?
 - 食糧自給の是非
 - 環境負荷・劣化の改善方策

今の日本の食糧自給率について

- 今の日本の食糧自給率について
- 現状をどう思うか?
- 2030年にあるべき自給率は幾つぐらいと考えるか