



食の未来 —

化学農業と有機農業のはざまを考える。

帯広畜産大学

筒木 潔



十勝の農畜産物の生産量とシェア

十勝の農産物2004

			生産量	北海道シェア
小麦	44,700	ha	244700 t	44 %
バレイシヨ	22,600	ha	910700 t	41 %
テンサイ	29,800	ha	4656000 t	45 %
豆類	25,420	ha	71680 t	49 %
生乳	991,940	t	991940 t	26 %
乳用牛	214,800	頭		
肉牛	178,600	頭		40 %

消費者が感じる農産物への不安

- 農薬使用の影響
- 重金属汚染
- 環境ホルモン ダイオキシン
- 食中毒原因菌・抗生物質耐性菌
- 硝酸塩・シュウ酸塩
- BSE
- 品質詐称



北のクリーン農産物

有機JASマーク



登録認定機関名



®は商標登録第4628907号

北海道安心ラベル



エコファーマー マーク

農林水産省新ガイドラインによる表示

特別栽培農産物

農薬：栽培期間中不使用（食酢使用）
 化学肥料：当地比5割減（窒素成分）
 栽培責任者 ○○○○
 住所 ○○県○○町△△
 連絡先 TEL○○○-○○○
 確認責任者 △△△△
 住所 ○○県○○町◇◇◇◇
 連絡先 TEL○○○-○○○-▽▽

化学肥料の使用状況

使用資材名	用途	使用量
▽▽▽	元肥	窒素4kg/10a
◇◇◇	追肥	窒素1kg/10a

注：使用資材名は原則として商品名ではなく、主成分を示す一般的名称を表示します。

特別栽培
農産物

有機農産物の生産の原則

有機農産物の日本農林規格第2条

農業の自然循環機能の維持増進を図るため、化学的に合成された肥料及び農薬の使用を避けることを基本として、土壌の性質に由来する農地の生産力を発揮させるとともに、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した栽培管理方法を採用したほ場において生産されること。

有機農産物生産のための圃場の条件

1 ほ場は、周辺から肥料、土壌改良資材又は農薬(別表1及び別表2に掲げるものを除く。以下「使用禁止資材という)が飛来しないように明確に区分されていること。また、水田にあってはその用水に使用禁止資材の混入を防止するために必要な措置が講じられていること。

2 次のいずれかによること。
多年生作物(牧草を除く)を生産する場合にあってはその最初の収穫前に3年以上、それ以外の作物を生産する場合にあっては2年以上の間、以下に掲げる基準に基づき農産物の栽培が行われているほ場であること。

有機農産物のJAS規格（要点）

- 圃場の肥培管理は土壌の生物機能を利用した方法で行なうこと。
- 種苗：遺伝子組替えした種苗は認めない
- 化学的に合成された物質を添加していない天然素材の肥料および農薬の使用は認める。

特別栽培農作物

改正後

	無農薬	減農薬 (5割以下)	慣行
無化学肥料	特別栽培農産物		適用の範囲外
減化学肥料 (5割以下)			適用の範囲外
慣行	適用の範囲外	適用の範囲外	適用の範囲外

特別栽培農作物とは

生産の原則

農業の自然循環機能の維持増進を図るため、化学合成された農薬及び肥料の使用を低減することを基本として、

- ① 土壌の性質に由来する農地の生産力を発揮させる。
- ② 農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した栽培方法を採用して生産する。

特別栽培農産物とは



50%以下
(窒素成分)



50%以下
(使用回数)

エコファーマー

- エコファーマーとは、堆肥等の土づくりを基本として化学肥料、化学農薬の使用量を低減するための生産方式（持続性の高い農業生産方式）を自分の農業経営に導入する計画を立て、知事に申請し、認定された農業者の愛称である。北海道における認定件数937件（平成16年12月末）

北のクリーン農産物（Yes! Clean） 表示制度（平成15年9月改正）

- 道内で生産されていること、
- 北海道が定めた化学肥料や化学合成農薬の使用量に関する数値基準に適合していること、
- 栽培基準に基づいて生産されていること、
- 他の農産物と分別収穫・保管・出荷されていること

Yes! Clean における施肥標準の例

[水稲ーうるち(移植)、うるち(直播)、もち(移植)]

1 総窒素施用量上限値(中間地帯)

(kg/10a)

土 壤	窒素肥沃度水準				
	低	やや低	中	やや高	高
低地土(乾)	8.5	8.5	8.0	7.5	7.0
低地土(湿)	8.0	7.5	7.5	7.0	6.5
泥炭土	6.5	6.0	6.0	5.5	5.0
火山性土	8.0	8.0	7.5	7.0	6.5
台地土	7.5	7.0	7.0	6.5	6.0

注1) 低収地帯(450kg/10a以下)は上記から1kg差し引き、高収地帯(540kg/10a以上)は1kg加算する。

・低収地帯:檜山南部、黒松内、豊浦及び南羊蹄、下川、北留萌及び上川最北部、津別、佐呂間、十勝

・高収地帯:上川中央部、上川中北部及び富良野、空知中西部および空知北部

注2) 「はくちょうもち」は上記に1kg加算する。

注3) 「上育438号」は上記に2kg加算する。

注4) 直播の施肥量は移植に準ずる。

2 たい肥等有機物施用量下限値

1 t/10a

注1) たい肥1t当たりの窒素換算量は1kgとする。この場合のたい肥とは「稲わらたい肥」をさす。

注2) たい肥に相当する有機物での対応も認めるものとする。

※「相当する有機物」の定義

・当該年有効である窒素がたい肥から供給される窒素と同等である有機物

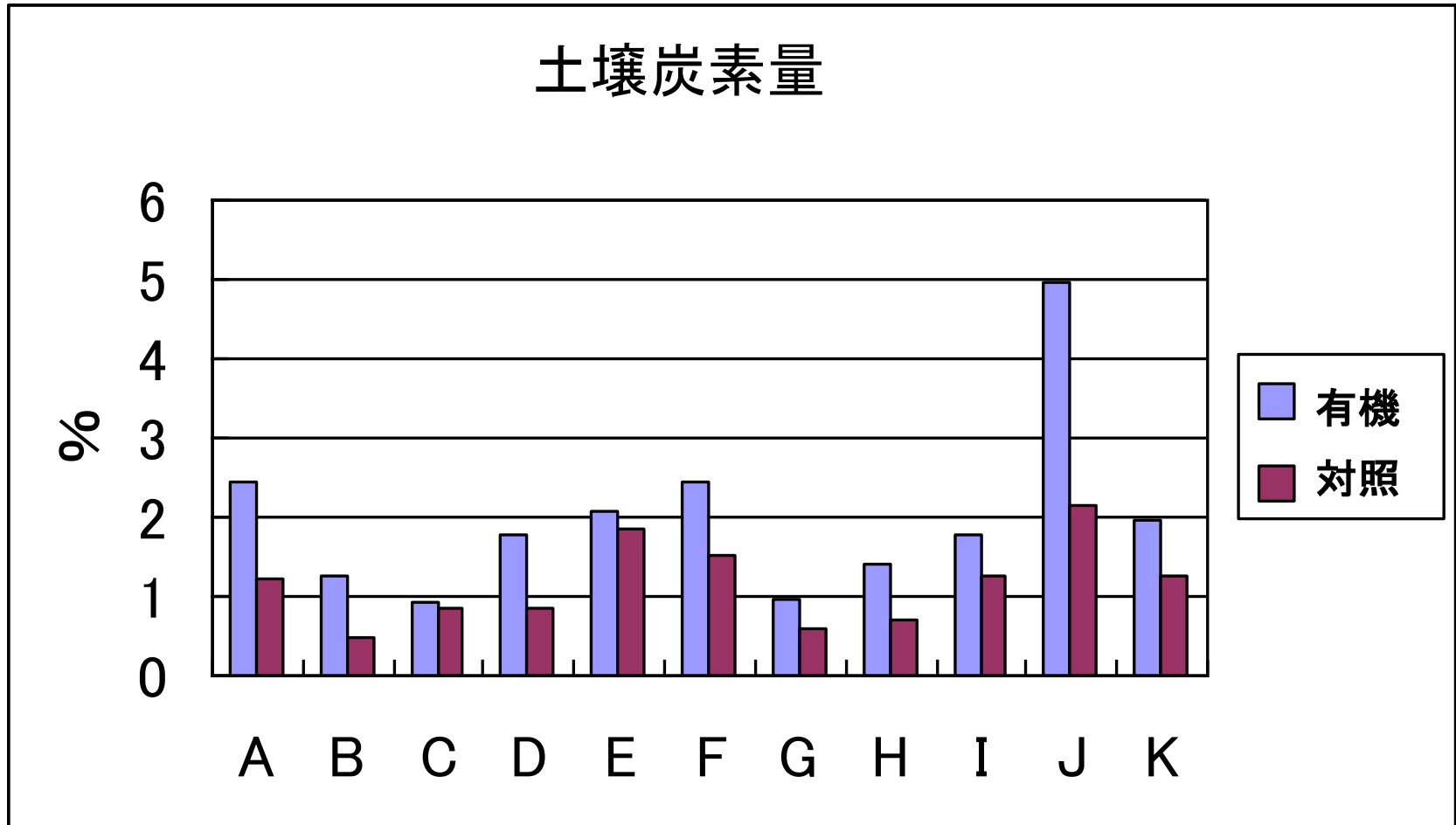
・施用される乾物量がたい肥と同等である有機物

注3) 窒素肥沃度水準が「やや高」、「高」に分類されており、米のタンパク値が6.5%(優良食味米)を目標とする集団は、たい肥又はたい肥に相当する有機物の施用を省略することができる。

有機栽培圃場と慣行圃場の 土壌特性の比較

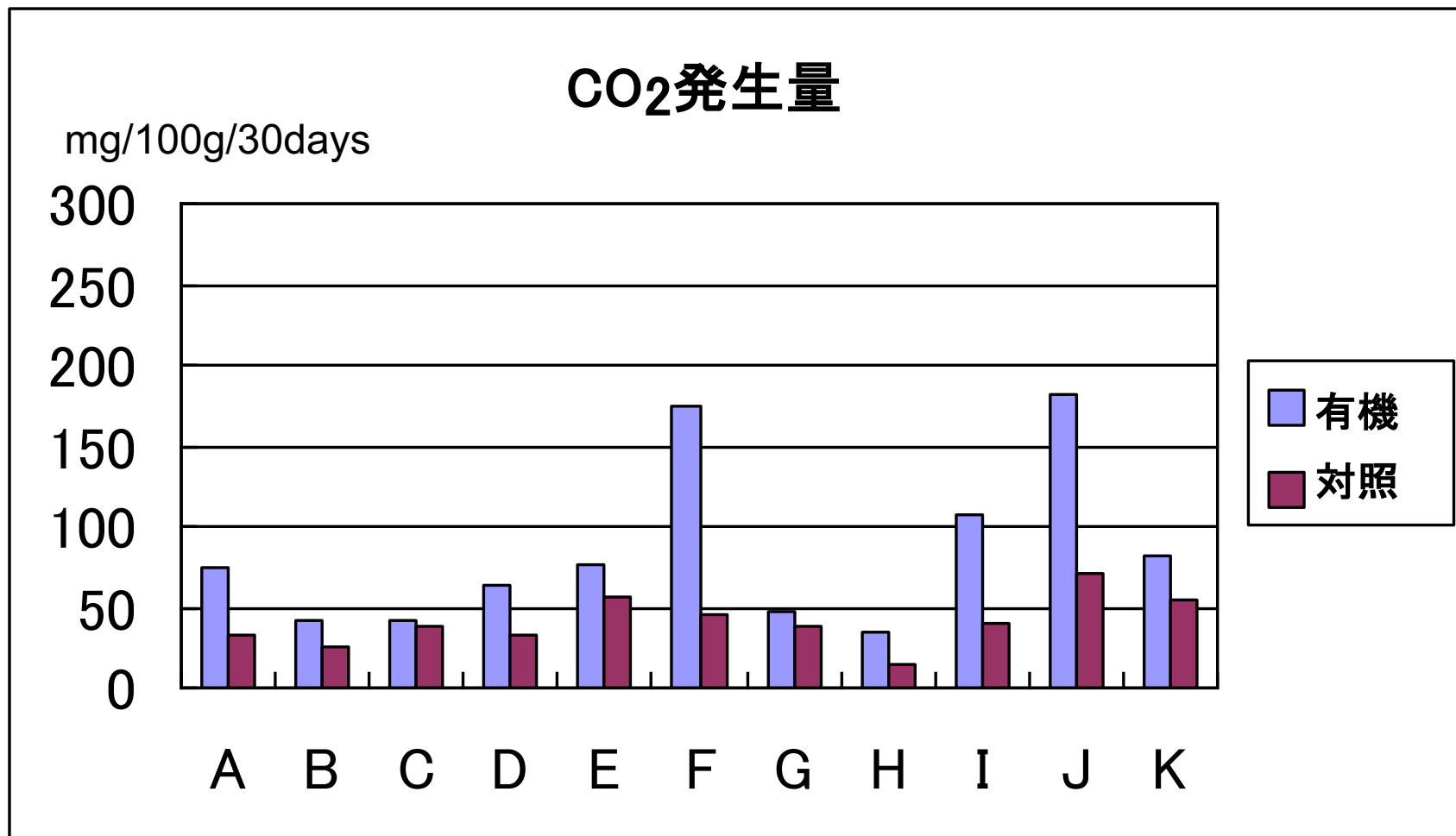


有機栽培圃場と対照(慣行)圃場の炭素含量



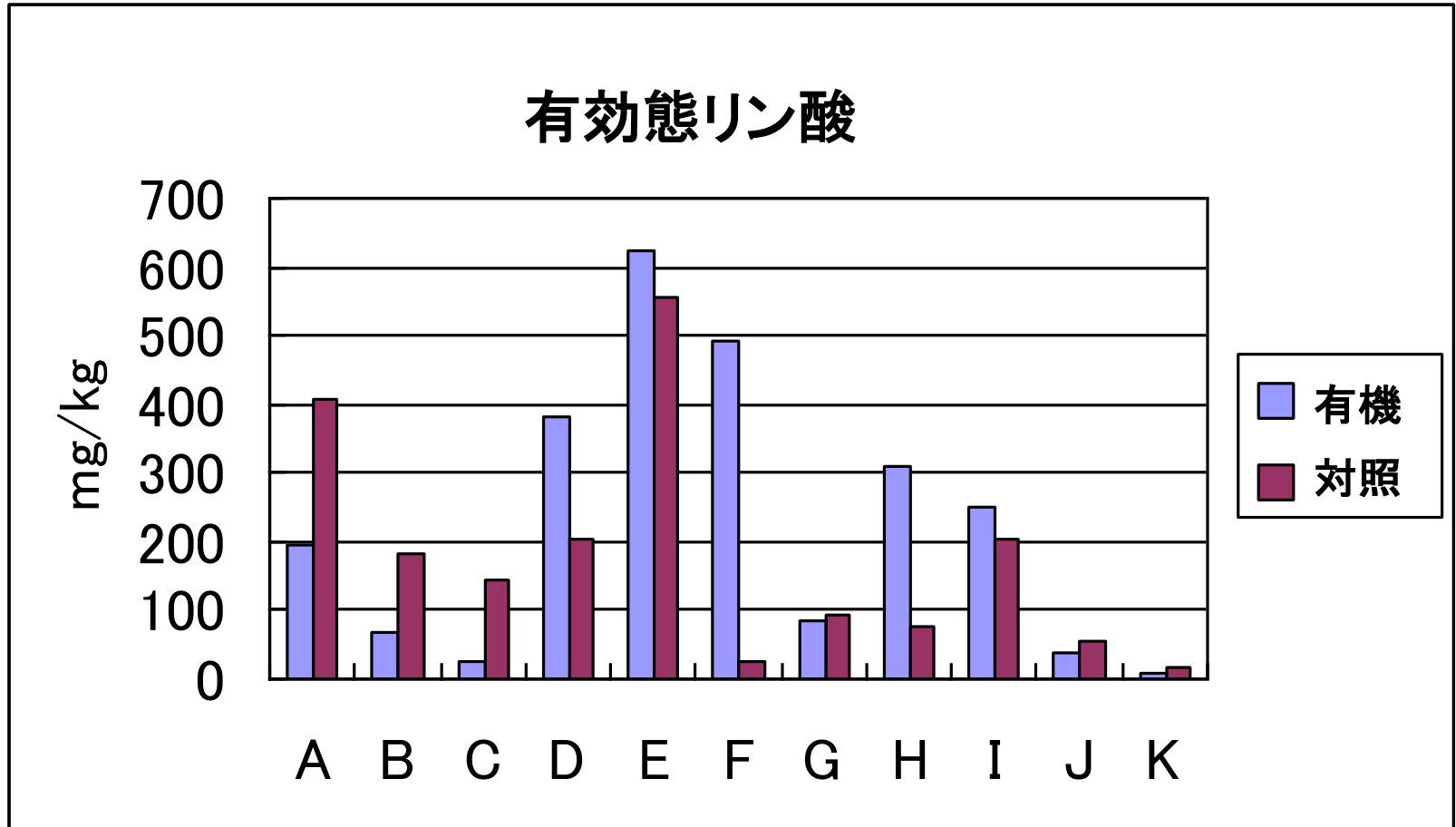
瀧・加藤(1998)

有機栽培圃場と対照(慣行)圃場のCO₂発生量

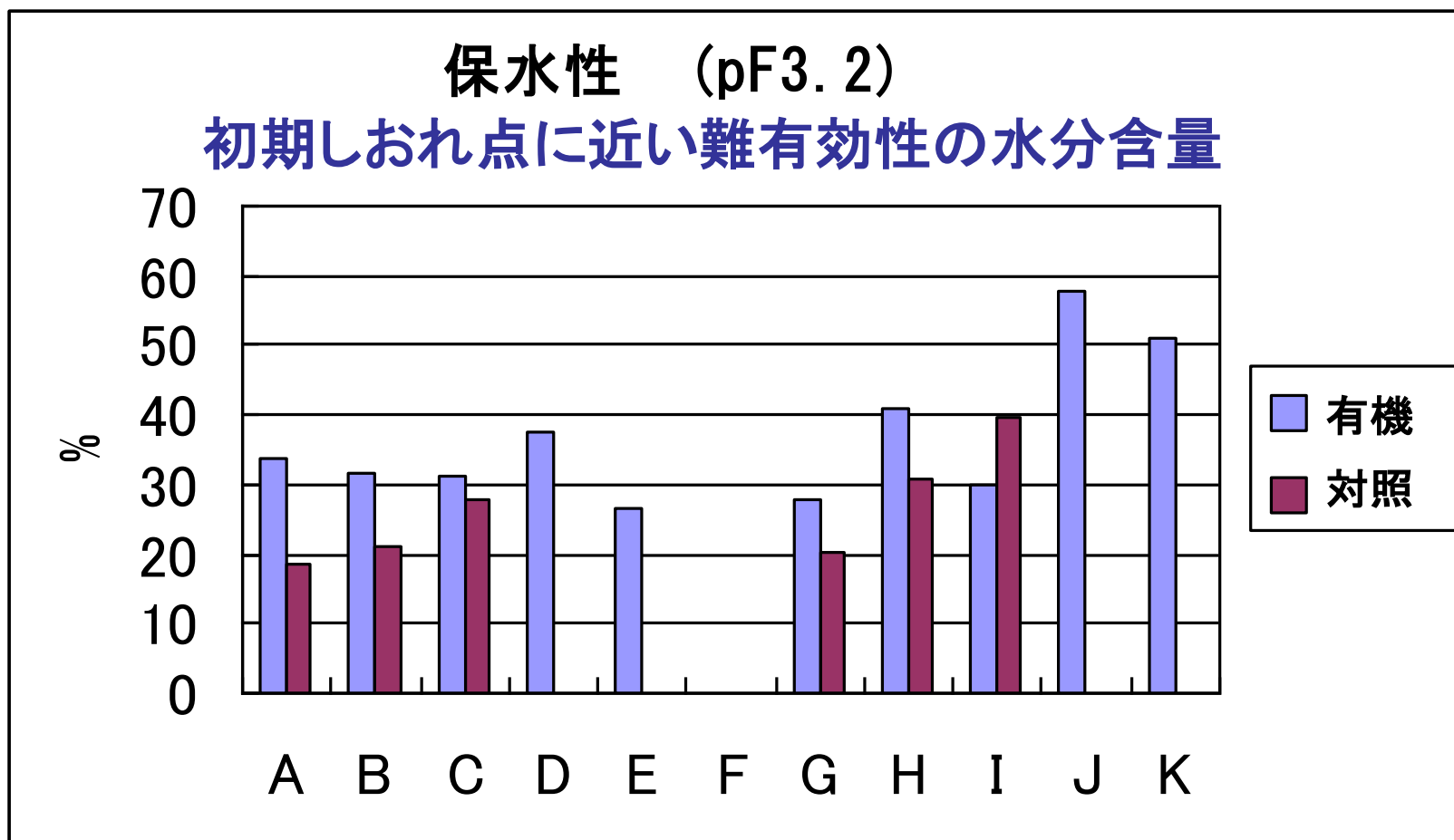


瀧・加藤(1998)

有機栽培圃場と対照(慣行)圃場の有効態リン酸



有機栽培圃場と対照（慣行）圃場の保水性 (pF 3.2)



瀧・加藤(1998)

有機栽培圃場と対照(慣行)圃場の 土壌動物数 瀧・加藤(1998)

圃場	ミミズ		ヒメミミズ	
	有機	対照	有機	対照
A	994	8	608	48
B	16	16	528	32
C	152	0	592	8
E	32	8	3624	80
F	104	0	96	0

圃場	ムカデ・ダンゴムシ		トビムシ・ダニ	
	有機	対照	有機	対照
A	72	64	13	41
B	64	48	13	2
C	440	0	38	0
E	240	8	23	3
F	184	0	37	8

堆肥施用の効果

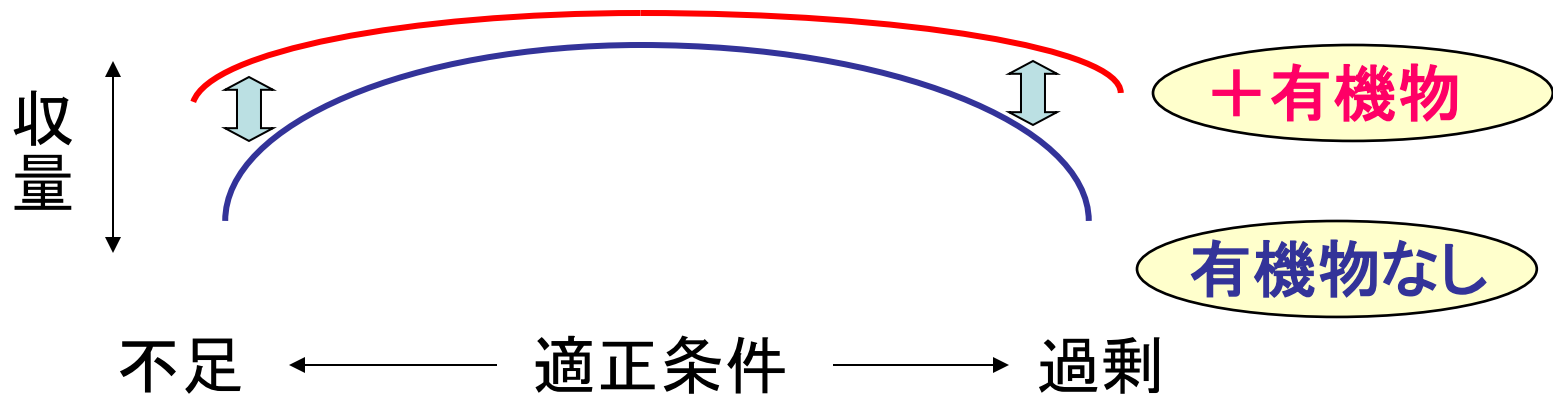


植物生育促進効果

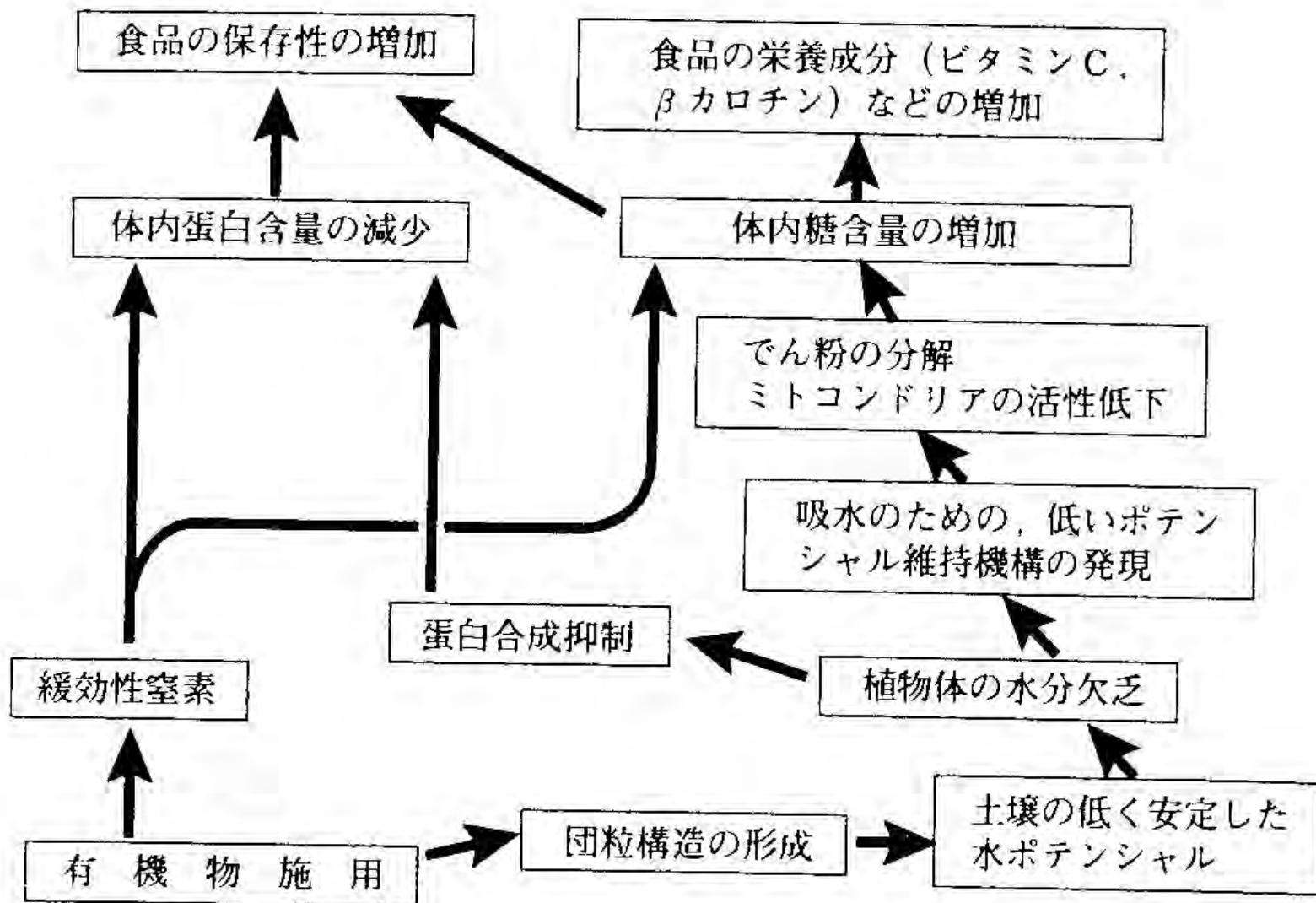
植物ホルモン作用

冷害・異常気象下での障害軽減

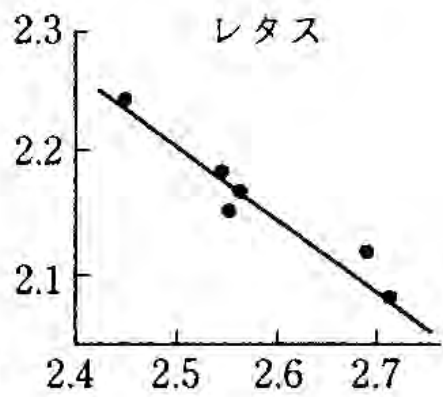
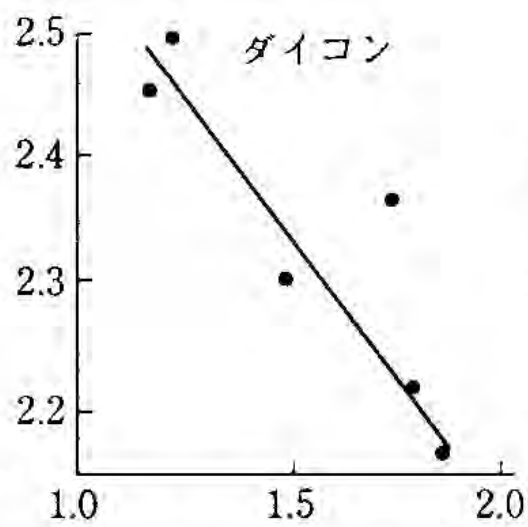
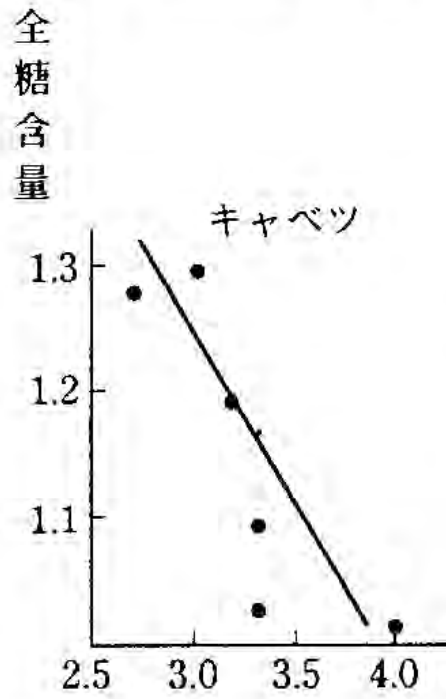
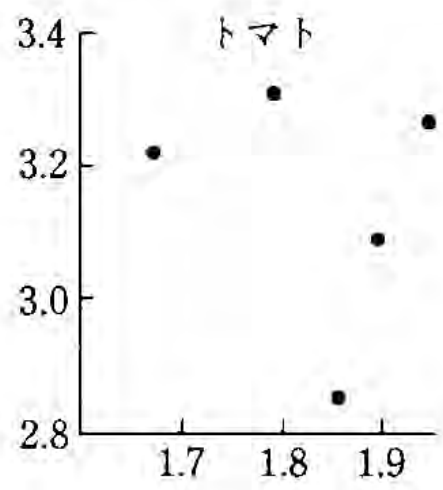
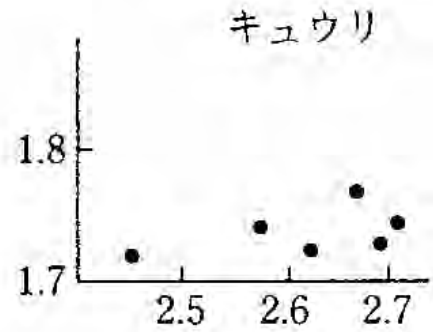
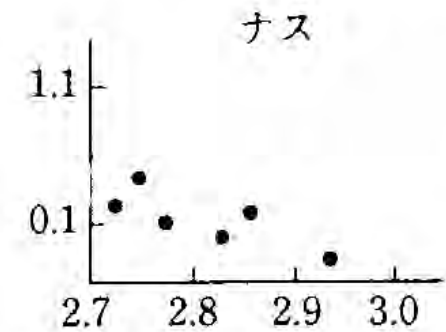
養分不足・過剰下での安定生産



有機物施用に伴う品質向上メカニズム(森 1996)



収穫物中の全糖含量と全窒素含量の関係（浅野 1982）



全窒素含量 (乾物%)

有機栽培野菜と慣行栽培野菜に 成分の違いはあるか？

- 慣行栽培野菜との間に違いがあるかどうかについて明確な結論は得られていない。
- 「有機野菜」そのものの標準品がなく、個別に有機栽培と慣行栽培の比較を行っても単なる事例とならざるをえない。
- 化学合成物質の添加がなければ様々な種類の肥料や土壌改良資材を施用できる。有機物の施用効果や野菜の品質に及ぼす影響もその種類によってかなり異なる。

堆肥利用の問題点

- 堆肥化原料の偏在・不足
- 堆肥製造、堆肥散布作業の重労働
- 堆肥製造に技術・熟練・設備が必要
- 堆肥成分・肥効のバラツキ
- 抗生物質耐性菌・病原菌の存在(低温で製造した場合)
- ソウカ病などの土壌病害を助長
- 堆肥化原料の重金属汚染

圃場における窒素過剰と硝酸汚染



環境負荷要因

- 多肥農業
- 有機廢棄物
- 農藥
- 抗生物質(家畜飼料添加物)
- 重金屬

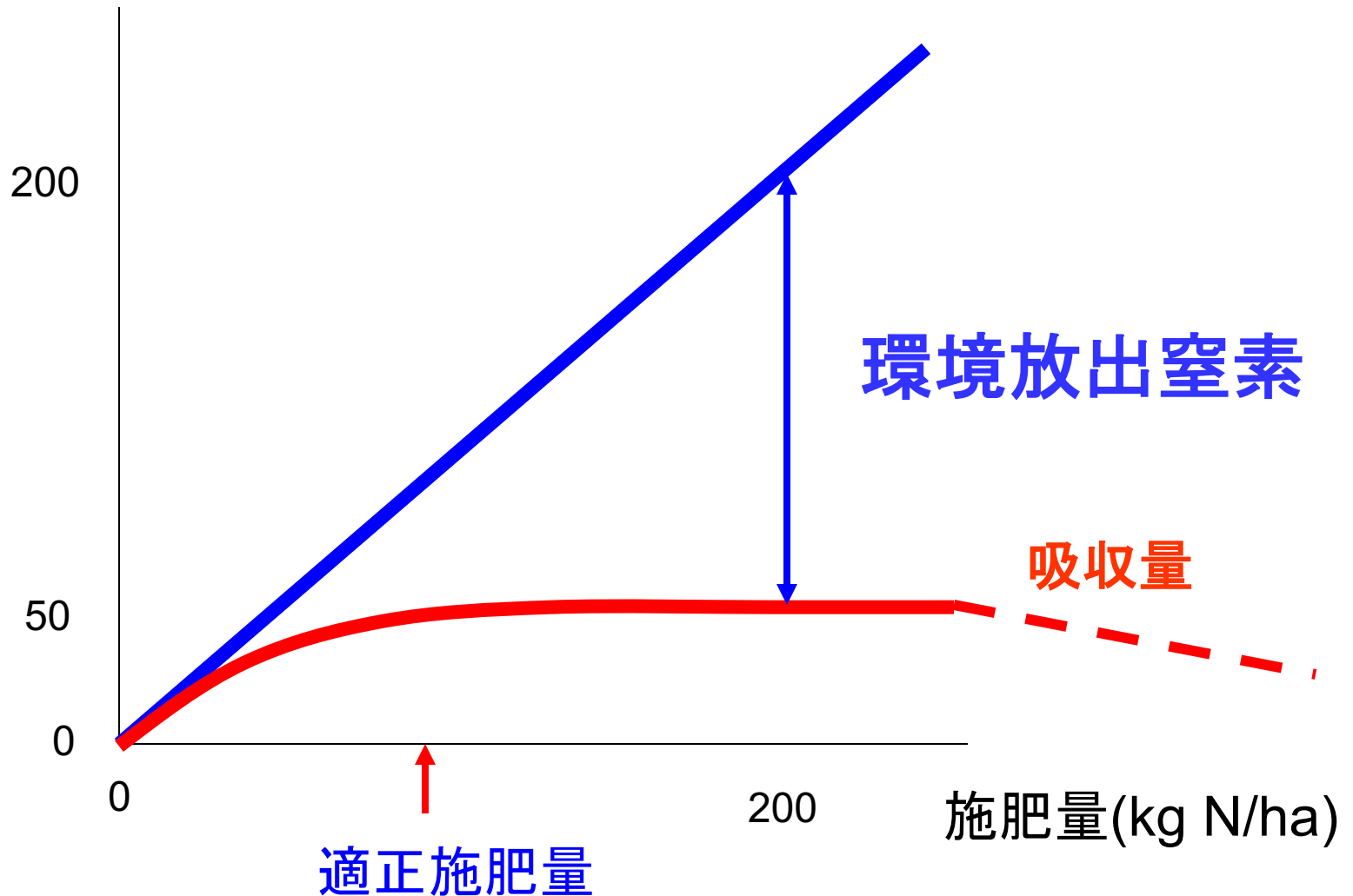
我が国の主要作物別の化学肥料の投入量

	栽培面積10a当たりの成分換算投入量 単位:kg		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
畑作物平均	16.7	17.0	15.7
ばれいしょ	12.7	21.7	14.5
あずき	5.8	15.7	8.0
茶	48.5	20.0	22.9
さとうきび	33.6	18.5	17.9
水稲	7.8	10.7	8.6

肥料の利用効率

- 窒素 20 ~ 60 %
- リン酸 10 ~ 20 %
- カリウム 40 ~ 70 %

施肥量と環境放出量の関係



肥料吸収率の推移(概念図)

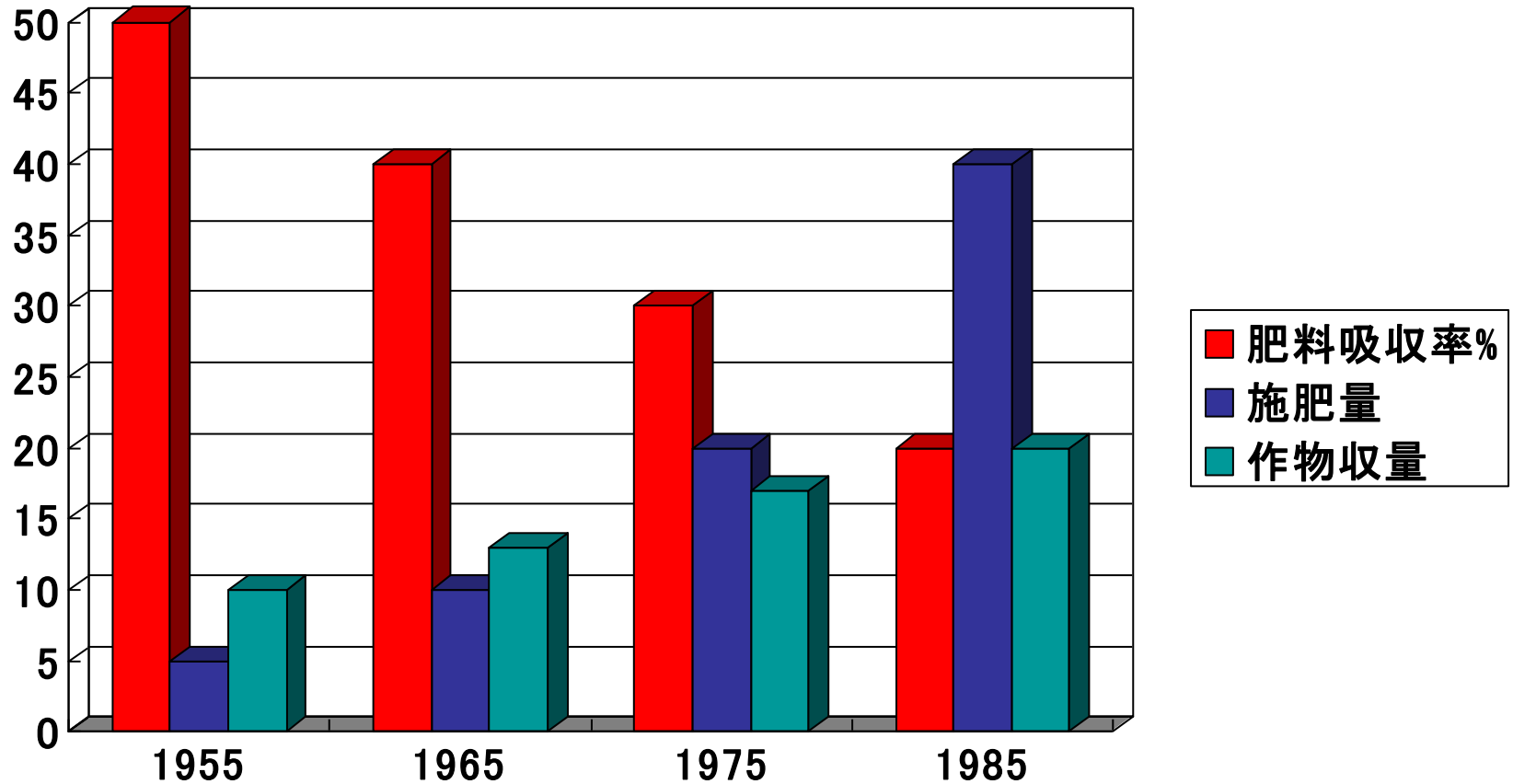


図1-6 牛舎を中心とした周囲の地下水の硝酸態窒素濃度

(日高・伊藤, 1987より作図)

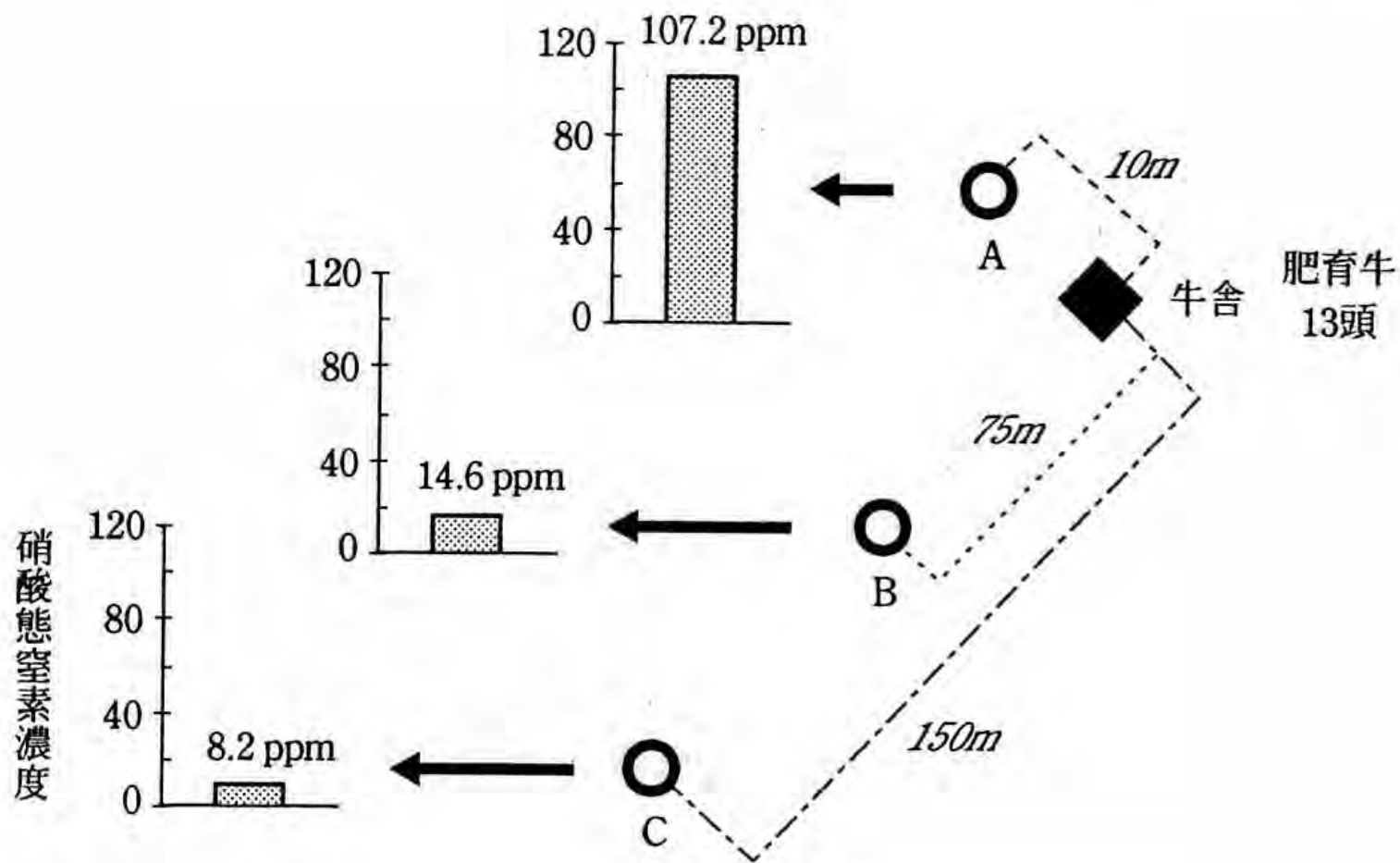
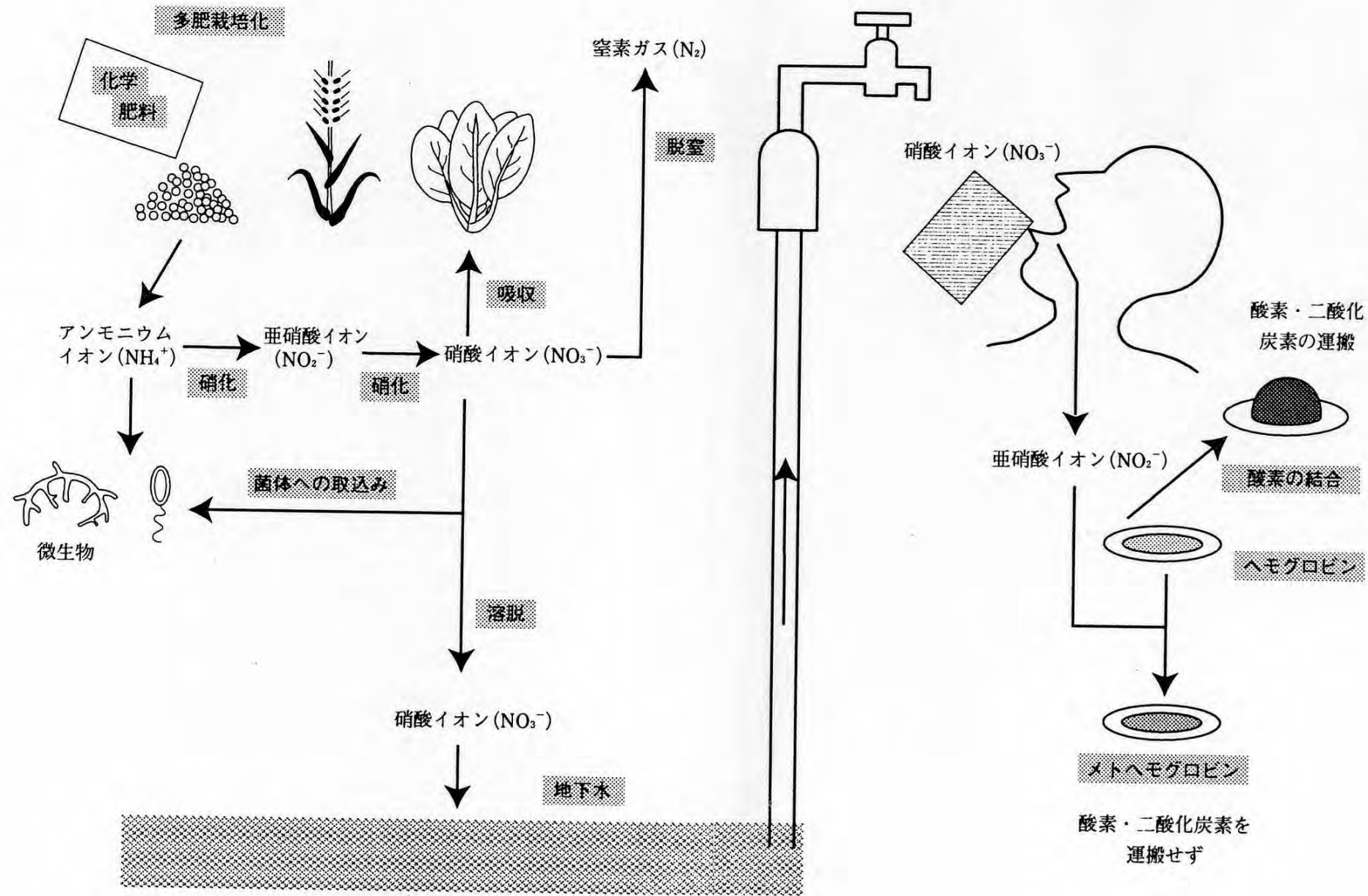


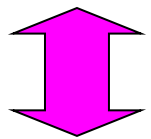
図1-1 土壌と動物体内における硝酸イオンの動態



窒素代謝と炭水化物・ビタミン代謝の競合

土壤中： $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$

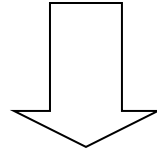
植物体： $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow$
アミノ酸 \rightarrow タンパク質



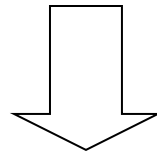
エネルギーの競合

植物体： $\text{CO}_2 \rightarrow$ TCA サイクル \rightarrow
グルコース \rightarrow 炭水化物/ ビタミン

環境放出窒素を減らす



土壌窒素（循環窒素）を増やす



- 化学肥料の使用量を減らす。
- 作物による窒素の利用効率を高くする。
- 輸入食飼料を減らす。
- 日本の農耕地を増やす。
- 土地のリサイクル容量を増やす。

適切な施肥

- 土壌診断にもとづいた施肥
- リアルタイム土壌診断
- 施肥位置、施肥時期の検討
- 緩効性肥料の施用
- 有機物(堆肥・スラリー)の活用
- 有機物の肥料分量を減肥

農産物への農薬残留の不安



2002年産農薬の内訳

普通物 (LD50 >300mg/kg)	77%
劇物 (LD50 <300mg/kg)	21%
毒物 (LD50 <50mg/kg)	2% 以下

小麦の雪ぐされ病



平成17年度市販輸入野菜等に関する残留農薬調査の結果の概要

○調査結果（第1四半期：平成17年4月1日～6月30日）

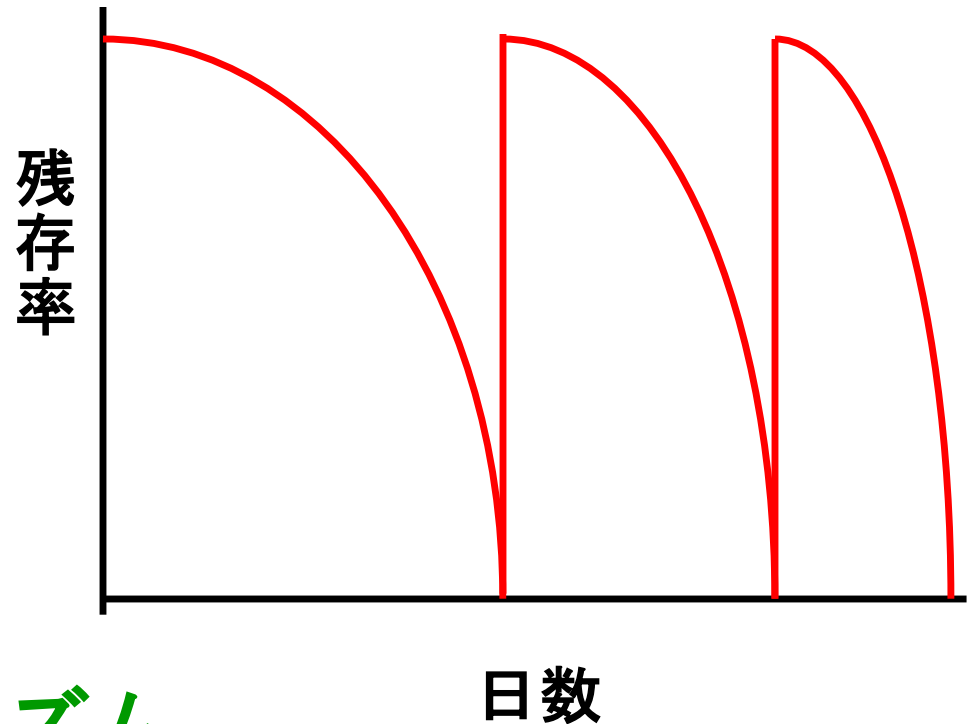
1. 食品衛生法に定められた残留農薬基準値を超過した農薬の検出状況

市販の輸入野菜等について、179検体（生鮮野菜87検体、冷凍野菜44検体、生鮮果実43検体、きのこ類5検体）を買い上げ検査したところ、食品衛生法に基づく残留農薬基準値を超過した農薬は検出されなかった。

残留農薬基準値を超過した農薬は検出されなかった。

有害有機物の分解浄化

- トリクロロエチレン
- PCB
- ダイオキシン
- 農薬類

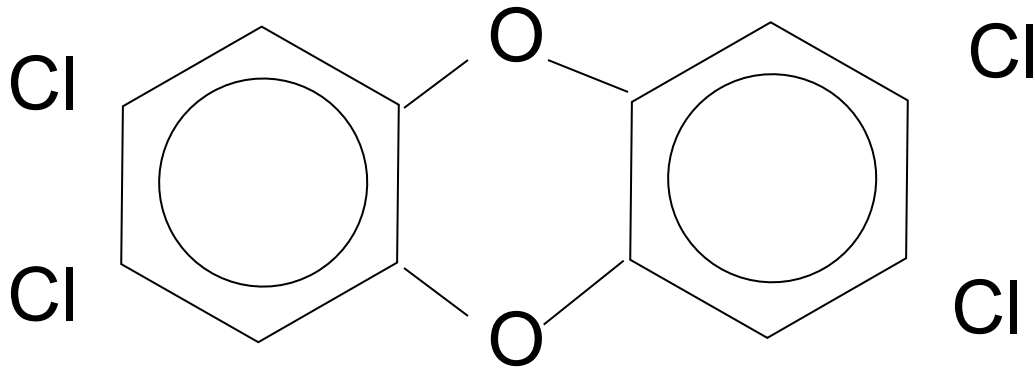


直接分解とコメタボリズム

ダイオキシン汚染の一側面



ダイオキシンの異性体

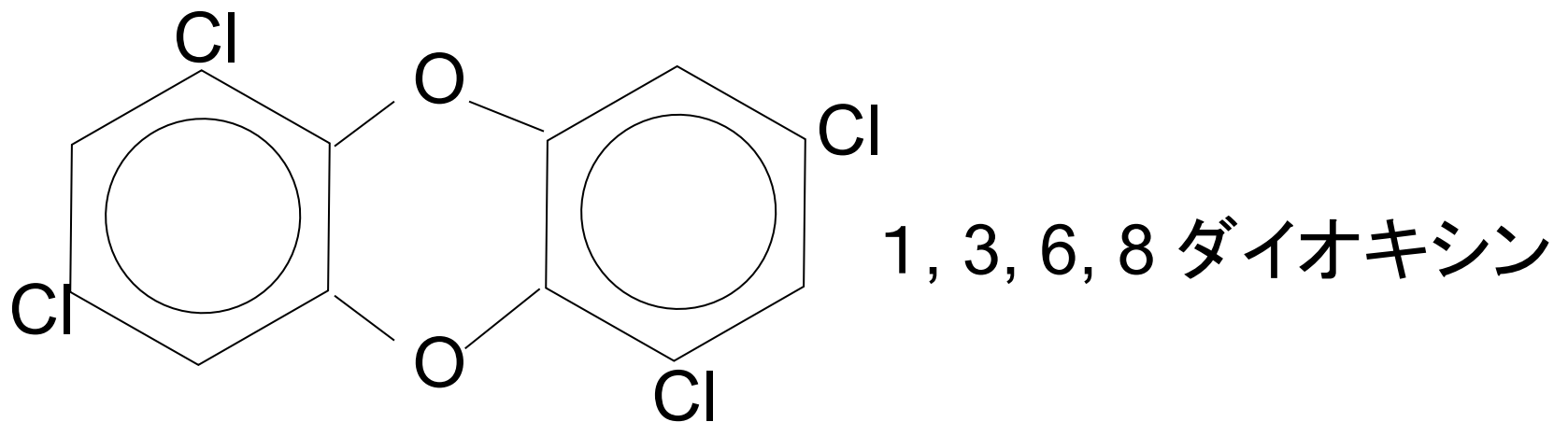
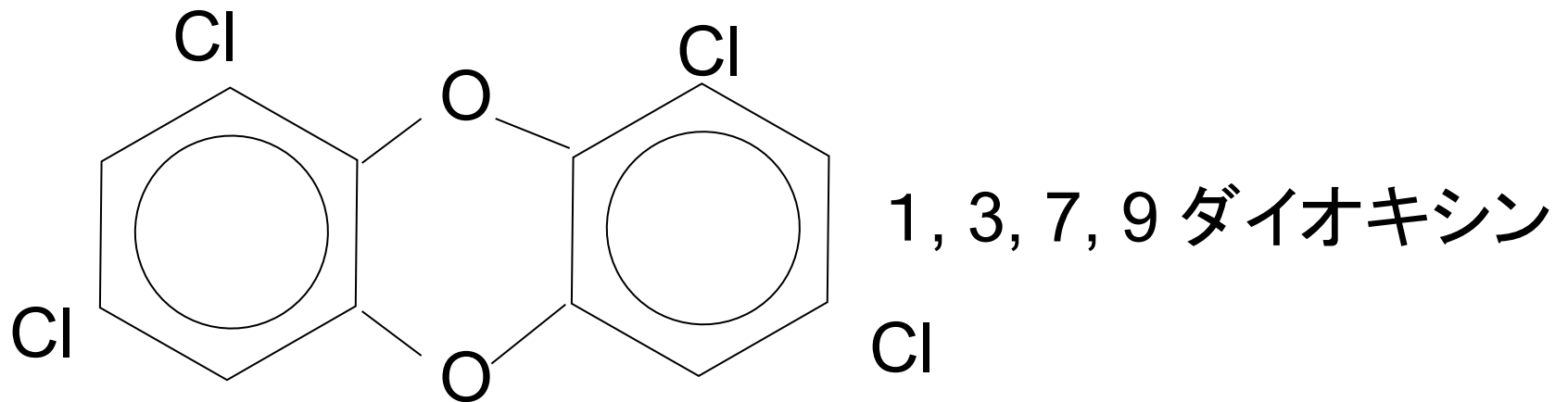


2, 3, 7, 8 ダイオキシン

ベトナム戦争の枯葉剤作戦で使用された。

猛毒 LD50 = 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (モルモット)

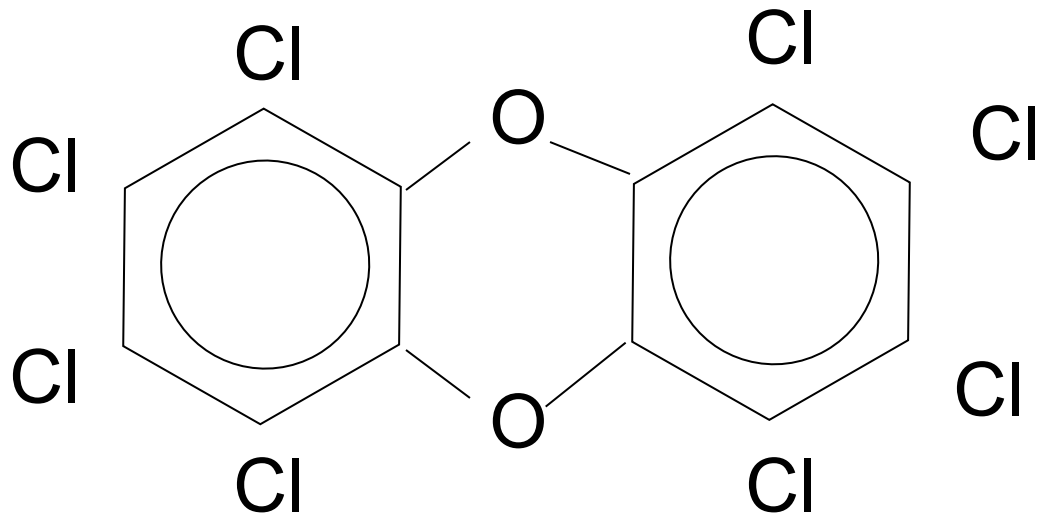
ダイオキシンの異性体



除草剤CNPの副生成物

2,3,7,8 TCDD 毒性等価係数=0

ダイオキシンの異性体



1,2, 3, 4,5,6,7, 8 オクタクロロダイオキシン

除草剤PCPの副生成物

2,3,7,8 TCDD 毒性等価係数=0.001~0.0001

家畜ふん中の抗生物質耐性菌



抗生物質の使用量

- ヒトの治療薬として約520トン(1998年度)
- 動物治療薬として約1060トン(2001年度)
- 飼料添加物として約230トン(2001年度)
- ヒトよりも家畜に対する使用量の方が多い。



全生細菌に対する耐性菌の割合

- アンピシリン 0.3～83%,
- カナマイシン 2～34%,
- テトラサイクリン 0～100%
- 鶏糞堆肥を長期多量施用した土壌(10年、100t/ha) では、100%がアンピシリン耐性菌

Kobashi, Y., A. Hasebe and M. Nishio (2005)

抗生物質耐性菌

- 動物体内で抗生物質耐性菌が増加
- 耐性菌が付着した畜産物や水産物を食べる
ことによって、ヒトの体内で抗生物質耐性菌
が繁殖して、治療に使われる抗生物質が効
かなくなる
- 家畜ふん中や低温で調製した堆肥中では耐
性菌が増殖する

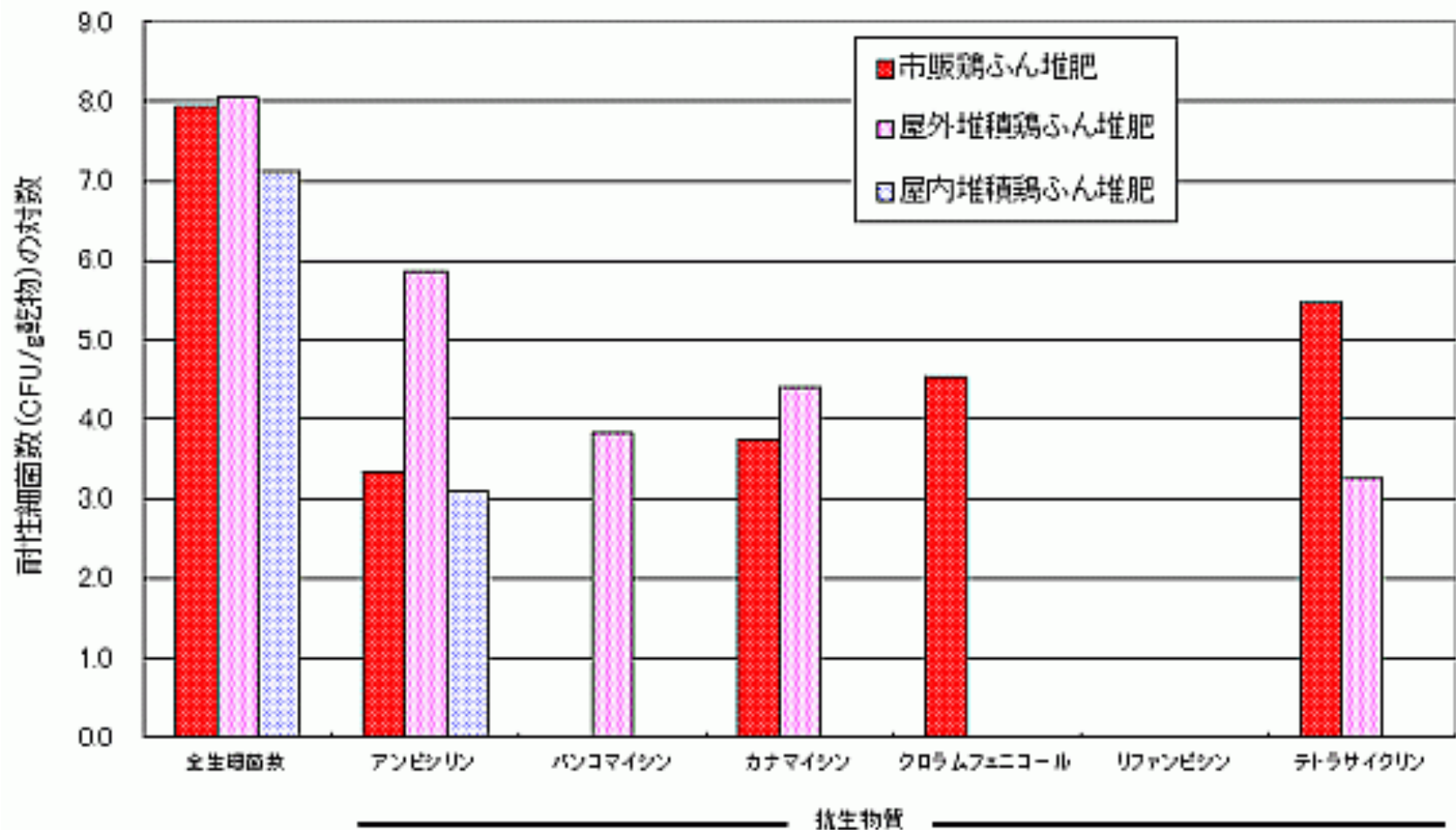


図1 鶏ふん堆肥中の抗生物質耐性細菌数(Kobashi et al. 2005から作図)
(屋外および屋内堆積鶏ふん堆肥は異なる経営体のもの)

堆肥の発酵温度と耐性菌

- 70°C以上で発酵させれば、抗生物質耐性菌は死滅する。
- 養豚および養鶏経営体の製造した家畜ふん堆肥と、ホームセンターで市販されている家畜(豚, 鶏, 牛)ふん堆肥の抗生物質耐性細菌数を調べた結果, 1例を除いて, 抗生物質耐性菌が高レベルで検出された。
- 耐性菌がほとんど検出されなかった例は, 鶏ふんを屋内で高温を発しながら堆肥化したものであった(図1)。この結果から, 高温(恐らく70°C前後)が出るほどの堆肥化を行えば, 耐性菌をほぼ完全に死滅させることが可能と推定された。

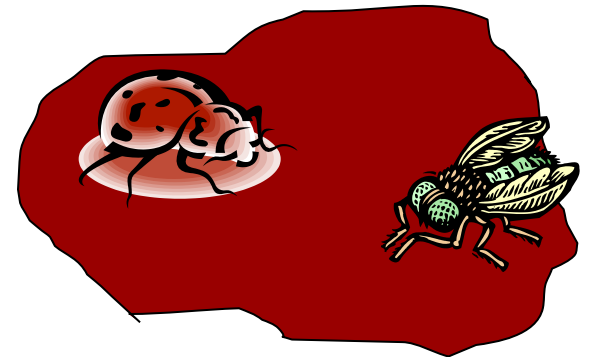
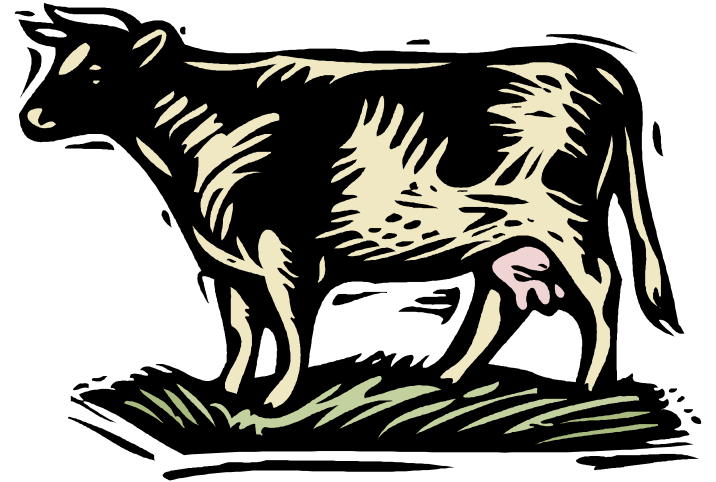
未熟な有機物や堆肥、作物残渣 により助長される病害

- 苗立枯病（テンサイ、ピシウム菌）
- ソウカ病、夏疫病、炭そ病（じゃがいも）
- 落葉病、灰色カビ病（あずき、サイトウ）



分解しない家畜ふんの出現

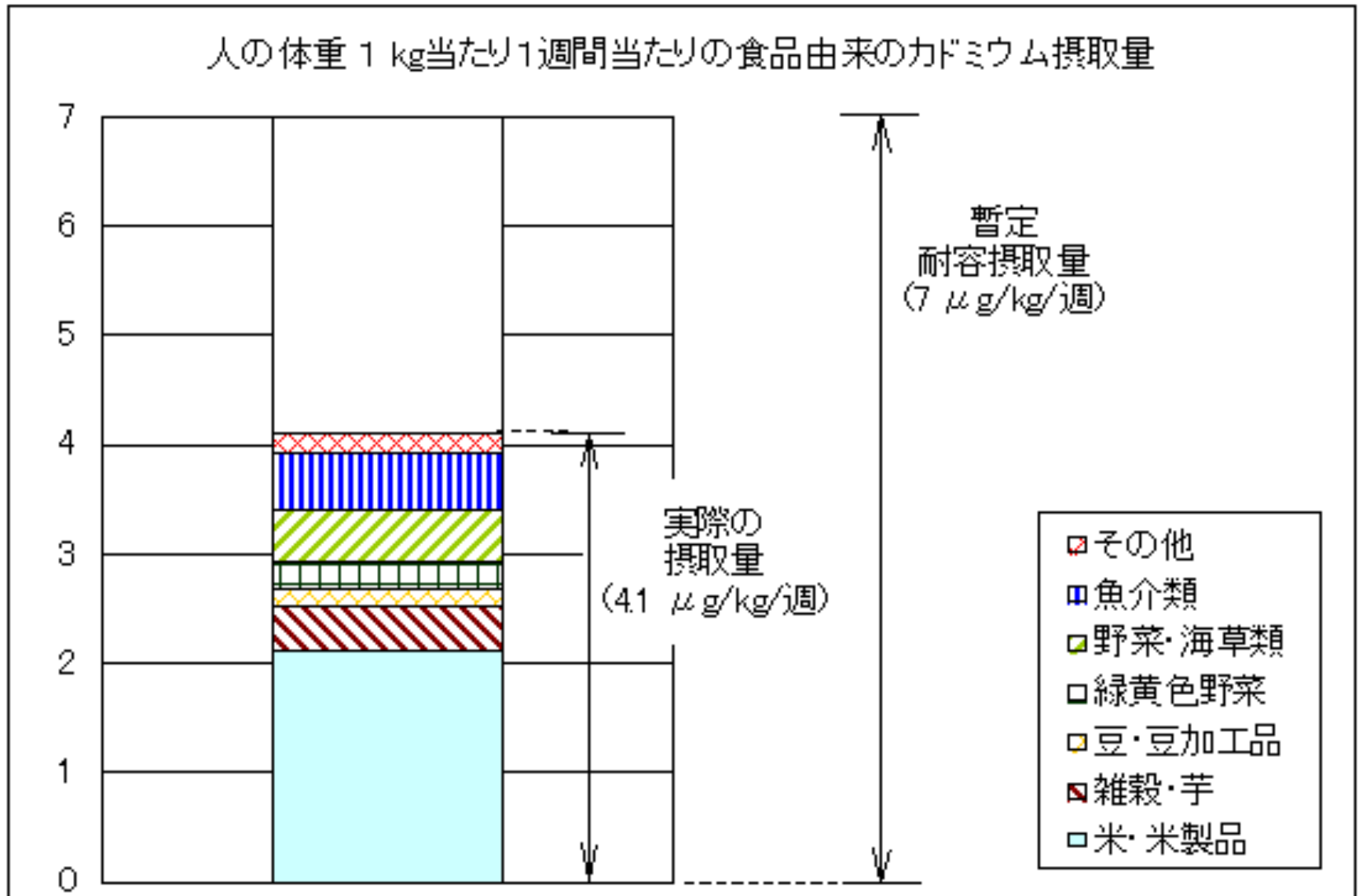
- 牛の寄生虫駆除剤
イベルメクチン
- 牛ふん中に移行し、
ハエ類や甲虫類の
蛹化・羽化を抑制す
る。
- 牛ふんの分解が抑
制される。



食品と土壌のカドミウム汚染



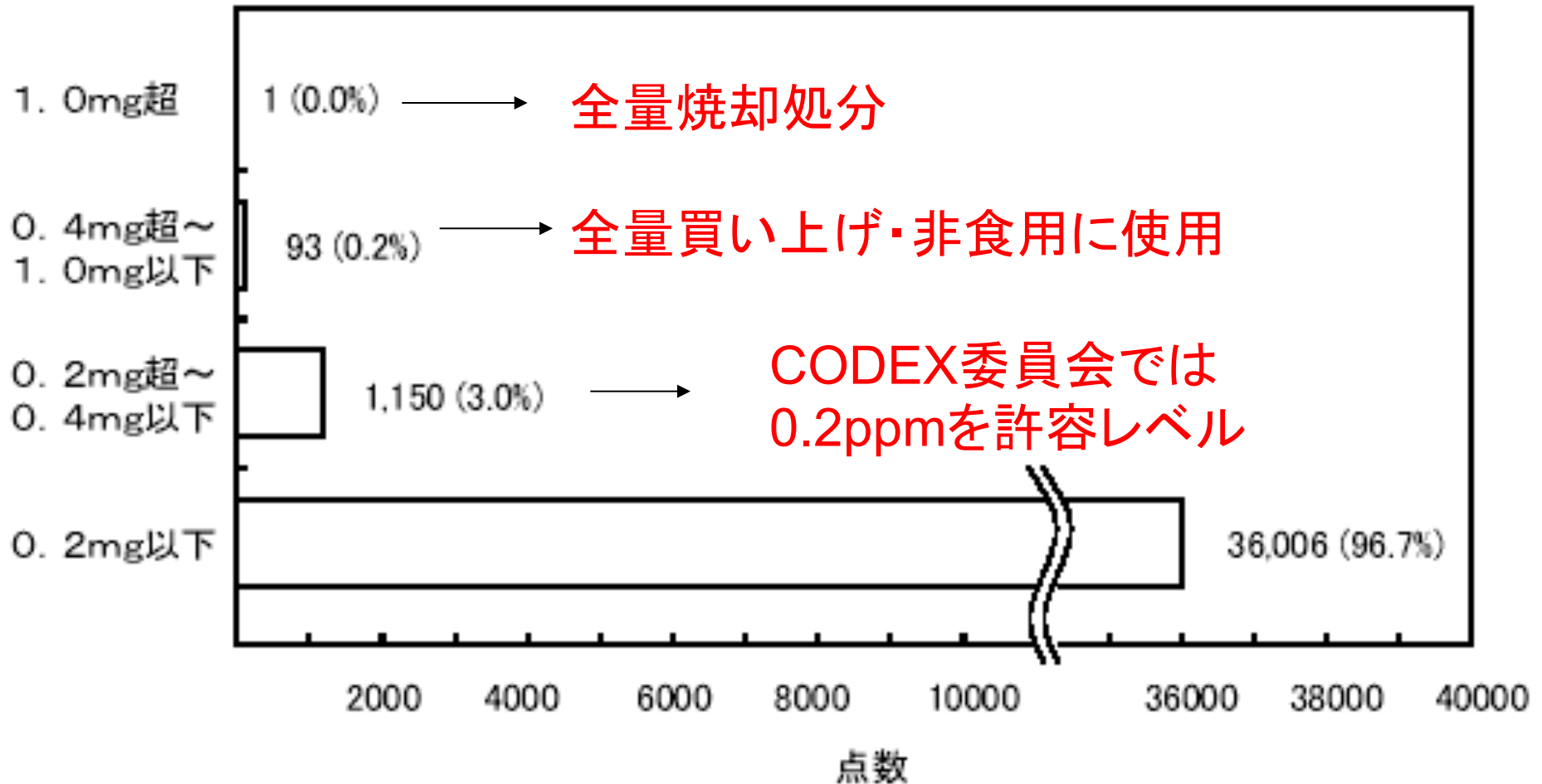
日本人のカドミウム摂取量



日本の玄米中カドミウム含量

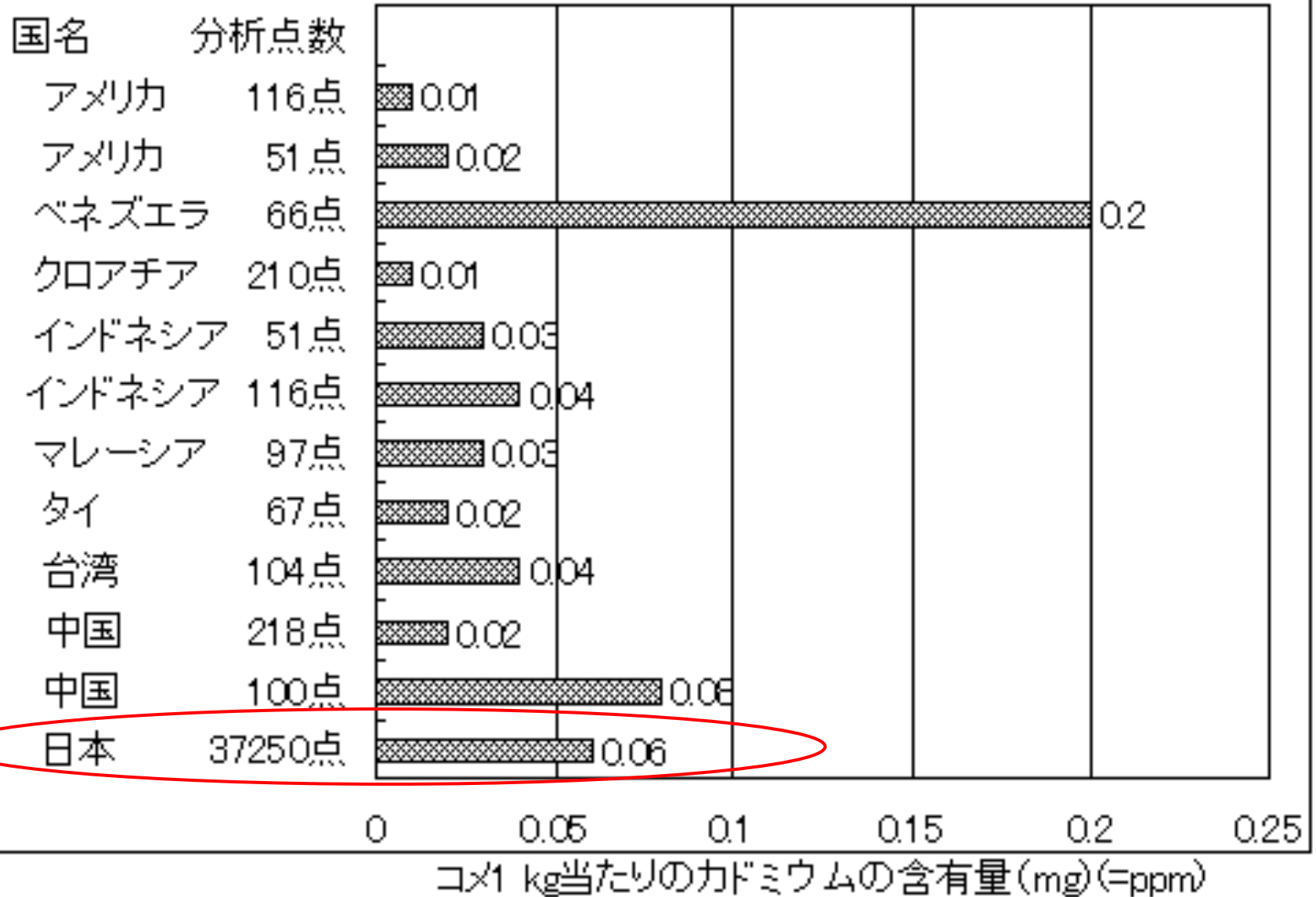
平成9、10年における食糧庁の玄米中のカドミウム含有量の全国実態調査結果

分析値(コメ1kg中の
カドミウム量:mg)の分布



各国産コメ中のCd含量

日本産と外国産のコメのカドミウムの含有量



米に1 ppmのカドミウムが含まれると

- 1日に500gの米を食べた場合、
- 1 ppm = 1 mg/kg だから、
- 500gの米には 0.5 mg = 500 μ gのカドミウムが含まれる。
- CODEX委員会の基準は1日当たり1 μ g/体重kgだから、50kgの人は50 μ gが許容量。
- Cd 1ppmの米を食べると、基準を10倍超えることになる。

米に0.4 ppmのカドミウムが含まれ、 1日200gの米を食べると

- 1日に200gの米を食べた場合、
- 0.4 ppm = 0.4 mg/kg だから、
- 200gの米には $0.4 \times 200/1000$ mg
= 80 μg のカドミウムが含まれる。
- CODEX委員会の基準は1日当り1 μg /体重
kgだから、50kgの人は50 μg が許容量。
- Cd 0.4ppmの米を200g食べた場合でも、基
準を1.6倍超えることになる。

日本のカドミウム消費量

	カドミウム消費量 (1995)
日本	8,364 トン
世界	19,328 トン

鋳業便覧(平成9年版)

農地のカドミウム蓄積の原因

リン酸肥料(リン鉱石)中のCd
下水汚泥中のCd
鉱山、化学工場、
廃棄物処理施設からの流出

リン鉱石中のカドミウム含量

	P ₂ O ₅ (%)	Cd (mg/kg)
フロリダA	29.6	4
フロリダB	34.2	10
モロッコ	36.6	47
ヨルダン	32.8	3
サハラ	35.6	30
トーゴ	36.0	54
セネガル	37.5	77
ナウル	35.1	82
平均	30.3	38

下水汚泥中の重金属含量

元素名	記号	試料数	平均値	最大値	標準偏差
カドミウム	Cd	132	1.4	4.9	0.9
ヒ素	As	132	4.2	53	6.1
水銀	Hg	132	0.7	6.9	0.7
鉛	Pb	76	32.0	162	34

家畜糞堆肥中のカドミウム含量

堆肥の種類	平均値	最大値	最小値	標準偏差
牛糞堆肥	0.6	2.1	0.2	0.4
豚糞堆肥	0.8	2.2	0.3	0.5
鶏糞堆肥	0.9	1.9	0.3	0.5

汚染されていない水田、畑、森林の土壤に含まれる ガドミウム量

	水田	畑	森林	全体
表層土	0.265	0.177	0.118	0.176
下層土	0.140	0.092	0.077	0.100

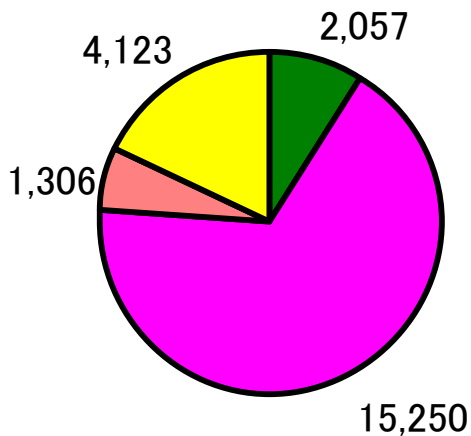
単位： mg/kg 乾土

コンポストおよび堆肥中の重金属含量 (ppm 平均値)

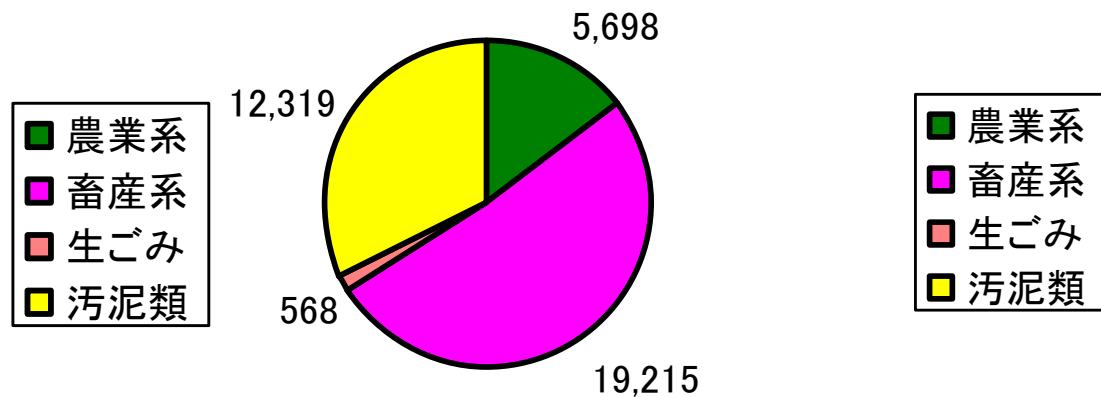
項目	下水汚泥 コンポスト	堆肥
カドミウム Cd	2.79	0.82
ヒ素 As	4.55	2.22
水銀 Hg	1.37	0.11
銅 Cu	184	28
亜鉛 Zn	1109	82

生物系廃棄物からのCdとAs発生量

有機廃棄物からのCd発生量(kg/年)



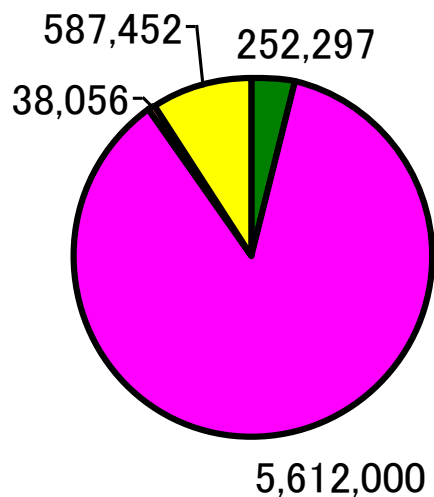
有機廃棄物からのAs発生量(kg/年)



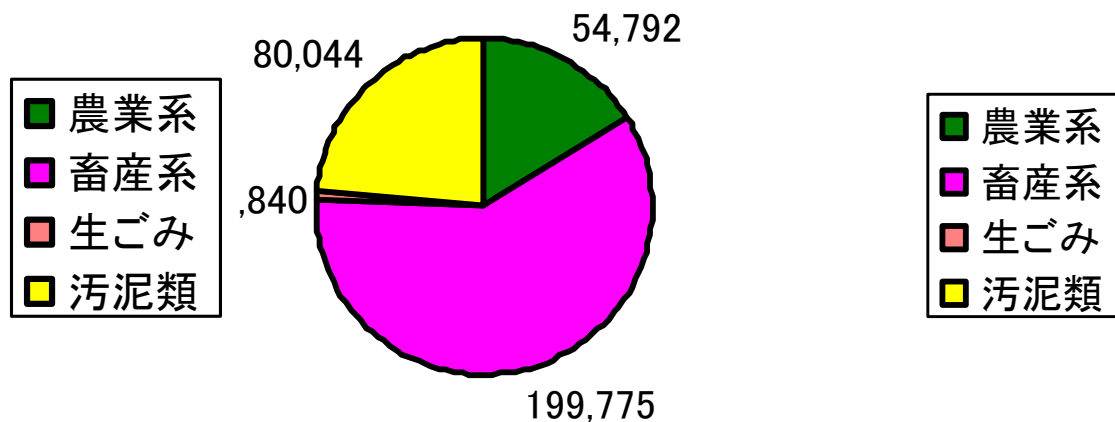
重金属負荷源は 畜産系 >> 汚泥類 > 農業系 > 生ごみ の順である。

生物系廃棄物からのCuとPb発生量

有機廃棄物からのCu発生量 (kg/年)



有機廃棄物からのPb発生量 (kg/年)



重金属負荷源は 畜産系 >> 汚泥類 > 農業系 > 生ごみ の順である。

土壌の機能と その劣化のメカニズム



土壌の働き

- 植物・動物・人間への養分の供給
- 植物の根の伸長の場
- 有機物の分解（循環の完結）
- 水分の保持
- 有害成分の吸着
- アメニティ機能

土壤劣化のメカニズム

- 土壤有機物の消耗
- 土壤団粒構造の破壊
- 土壤微生物の減少・微生物組成の単純化
- 養分バランスのかたより
- 土壤侵食(水食・風食)
- 酸性化
- 塩類集積
- 土壤の堅密化
- 優良農地の転用

土壌劣化を防止するには

- 輪作体系
- 水食、風食の防止
 - 農耕地の裸地化を避ける
 - 農地の均平化
 - 防風林 等高線栽培
- 不耕起栽培、少耕起栽培
- 土壌有機物の分解抑制
- 堆肥の施用、緑肥の栽培とすき込み
- 土壌生物の活性化

土壌からみた食品の安全・安心 への取り組み

- 慣行農業での生産物の安全性に関する正当な評価が必要。
- 化学肥料や農薬を全否定するのは現実的でない。
- 化学肥料・農薬の施用基準を遵守し、さらに施用量を削減することが望ましい。
- 土壌劣化や地力の減退を防止するため、有機物の施用や緑肥の栽培を行なうべきである。

将来への展望

都道府県の指導する肥料農薬の施用基準を守っているかぎり、食の安全への不安はない。しかし、農薬や肥料の影響が作物以外の生物や農地外の環境に深刻な影響を及ぼさないよう施用にあたっては注意しなくてはならない。また、有機物を使用した土づくりも大切であるが、施用する有機物の特性にも注意する必要がある。