

農産物の汚染と 低減技術

放射性同位元素施設 田野井慶太郎

Friday, May 31, 13

農地の汚染

農地が汚染されたら、
どうしますか？

- 耕作するか否か
- 土壌の汚染把握
- 除染



Friday, May 31, 13

本日の内容

1. 農産物の生産段階の低減対策例

2. 加工過程での低減対策例

※ 放射性セシウムのみお話しします
(理由は3.にて)

3. 2011年3月の原発事故で放出された核種

Friday, May 31, 13

1. 農産物の生産段階の低減対策例

1-1 汚染された土壌を除く

1-2 カリウム投入

1-3 品種選択、品種改良

(1-4) ファイトレメディエーション

Friday, May 31, 13

I. 農産物の生産段階の低減対策例

I-1 汚染された土壌を除く

- ・ 反転耕
- ・ 泥水排出
- ・ 表土剥ぎ取り

皆さんは
どれを
選びますか？

I-2 カリウム投入

Friday, May 31, 13

反転耕（SUGANO-NETより）

http://www.sugano-net.co.jp/products/movie/movie/movie_data/plow/r_plow/l87rpqyl24_y.asx



Friday, May 31, 13

反転耕（SUGANO-NETより）

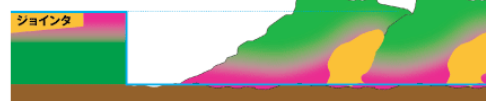


※ 一部のトラクタは 105ps 未満でも適応します。
詳しくはスガノ農機営業所にお問合せください。

■水田用二段耕プラウ作業断面模式図



■ジョイント付プラウ作業断面模式図



Friday, May 31, 13

泥水で除去の例（詳しくは溝口先生の講義で）

田んぼの表層かき出し除染 セシウム除染結果

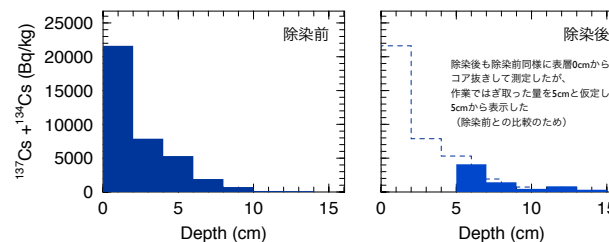
2012/4/1 於飯館村佐須

田んぼの表層かき出し

- 一 田んぼの出入り口に水を流しながら
- 一 田車によって表層のみをかき混ぜて泥水とし
- 一 それをかき出すことで表層5cm程度のはぎ取りを行った。
- 一 注水・かき混ぜ・かき出しを三回繰り返した。
- 一 除染前、除染後の両方で土壌中セシウム量を測定した



測定結果（コア抜き土壌を2cm毎にスライスし個別に放射能を測定）

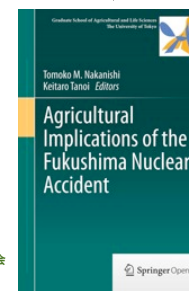
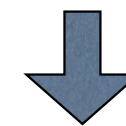


- ・ 表層4～5cm程をきれいに剥いだような結果が得られた。
- ・ 繰返し回数によって、はぎ取り（除染）の程度は自在であると考えられる。

ふくしま再生の会

Friday, May 31, 13

Down load
Free!



ビデオ（ふくしま再生の会より）
（おそらく溝口先生の講義で詳しく）



Friday, May 31, 13



Fig. 1-b Removal of surface soil by earth moving equipment.

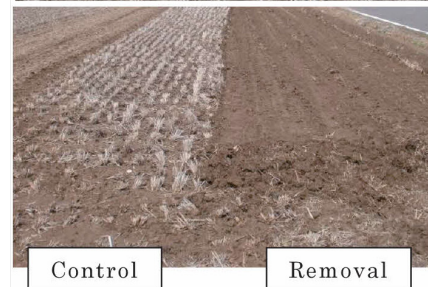


Fig. 1-c Control plot (left) and removal plot (right).

Friday, May 31, 13

平均0.5cmの剥ぎ取り
排出土（乾燥）5kg/m²
減少率 50%

（作土深は15cm程度）

表土剥ぎ取り

RADIOISOTOPES, 61, 327-330 (2012)

速報

福島県の水田におけるリャグレーダを用いた
表土剥離による放射性物質の除去効果

藤村恵人, 柳沼利和, 佐久間祐樹, 佐藤睦人, 田野井慶太郎**, 中西友子**

福島県農業総合センター
963-0531 福島県郡山市日和田町高倉字下中道 116

*東京大学 生物生産工学研究センター

**東京大学大学院 農学生命科学研究科

113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

2011 年 11 月 30 日 受理

平均0.5cmで剥ぎ取った ➡ 排出土（乾燥）5kg/m²
減少率 50%

Friday, May 31, 13

農業農村工学会学会誌「水土の知」投稿原稿（予定）
2012 年 1 月 9 日

速報

冬の間に凍土を剥ぎ取れ！
自然凍土剥ぎ取り法による土壤除染

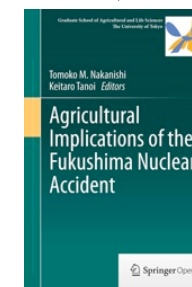
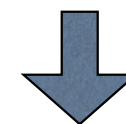
東京大学大学院農学生命科学研究科
溝口 勝



写真3 板状の塊のまま重機で剥ぎ取られた凍土

Friday, May 31, 13

Down load
Free!



福島民報より

農地から放射性物質を取り除く農林水産省の除染技術の実証試験で、表土を剥ぎ取ることで農地の放射性セシウム濃度が4分の1以下になることが分かった。14日、同省が試験結果を発表した。土1キロ当たり5000ベクレル以上の農地8300ヘクタールについて、国が主体となって除染に取り組む。二次補正の予備費を充当し、低濃度の一部農地で除染を行う予定。本格実施に向け、必要経費を三次補正予算案に盛り込む方針。

表土の剥ぎ取りは75～97%の放射性物質の濃度減少が確認できた。最も効果があったのは芝・牧草ごと土を剥ぎ取る方法で、放射性物質セシウムの濃度が作業前の3%まで減った。

同省は濃度ごとの効果的な手法もまとめた。濃度5000ベクレル以下の農地では、農地を30センチ以上深く耕し、放射性物質に汚染された表土を埋め込む「反転耕」を勧めている。残土が出ない利点があるという。5000～1万ベクレルの地域では剥ぎ取り、反転耕の他、水田では土と水をかき混ぜた後、泥水を吸い上げる手法を提案。1万～2万5000ベクレルは剥ぎ取りが必要で、2万5000ベクレルを超える地域では、固化剤を使った上で5センチ以上の剥ぎ取りが適当とした。

農水省は年内にも県内のさらに広い農地を使って実証実験を始め、農地の面積ごとの作業上の課題などを検証する。年明けにも、水稻の作付けが制限される1キロ当たり5000ベクレル以上の農地で除染作業に着手する。今後、避難区域解除などを考慮し、実施地域について県や市町村と協議する。県やJAに除染技術のマニュアルを伝え、5000ベクレル未満の農地の除染も進める。

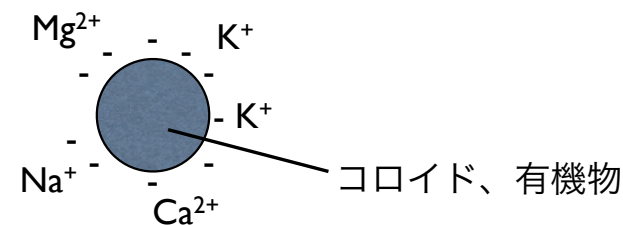
ただ、県の濃度5000ベクレル以上の全農地の表土を剥ぎ取ると、約300万トンになり、東京ドーム2～3杯分に達する計算。同省はコンクリート製容器で土を覆うことによる一時保管を推奨しているが、場所の確保など残土の処理が課題になる。

(2011/09/15 20:15 カテゴリー：福島第一原発事故)

Friday, May 31, 13

交換性カリウムとは

植物が吸収できるとされるカリウム



Friday, May 31, 13

1. 農産物の生産段階の低減対策例

1-1 汚染された土壌を除く

1-2 カリウム投入

1-3 品種選択、品種改良

(1-4) ファイトレメディエーション

Friday, May 31, 13

農研機構 (情報公開日:2012年2月24日 (金曜日))

水田：交換性カリウムと 玄米中への放射性セシウム移行係数の関係

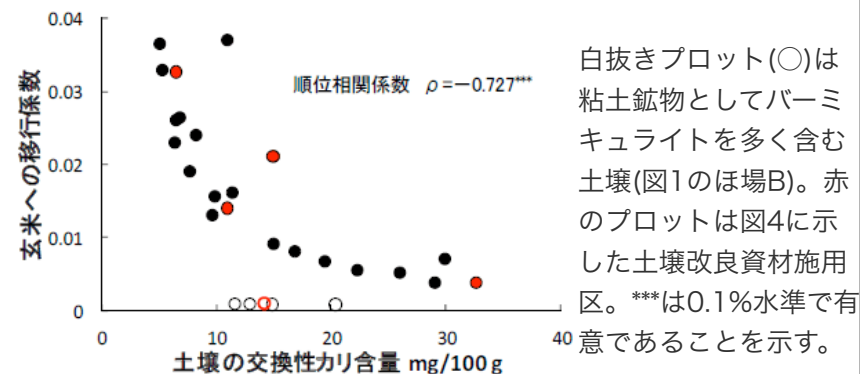


図3 土壌の交換性カリ含量と放射性セシウムの玄米への移行係数の関係

Friday, May 31, 13

反転耕



表土剥ぎ取り



泥水排出



カリウム施肥



Friday, May 31, 13

4. 対策工法の選定

- 土壌の放射性セシウム濃度に応じて、関係者の意向を考慮し、表土削り取り、水による土壌攪拌・除去、反転耕といった対策工法を選定。
- 周辺住民の放射線による外部被ばくを低減することに加えて、農業生産を再開できる条件を回復し、安全な農作物を提供できるよう、農地除染によって土壌中の放射性物質濃度を低減。

土壌の放射性セシウム濃度	畑	水田
～5,000Bq/kg	農作物への移行を可能な限り低減する観点、また、空間線量率を下げる観点から、必要に応じて○反転耕、○移行低減栽培技術を適用。	
5,000 ～ 10,000 Bq/kg	地下水位 低い場合※ ●表土削り取り ○反転耕	土壌診断・地下水位 低地土 ●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去 ○反転耕 (耕盤が壊れる)
	高い場合※ ●表土削り取り	低地土以外 ●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去 (低地土より効果低) ○反転耕 (耕盤が壊れる) (地下水位が低い場合のみ適用)
10,000 ～ 25,000 Bq/kg	●表土削り取り	●表土削り取り
25,000Bq/kg～	●表土削り取り 5cm以上の厚さで削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。(土ぼこりの飛散防止のために固化剤を使用)	●表土削り取り 5cm以上の厚さで削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。(土ぼこりの飛散防止のために固化剤を使用)

注) ●は廃棄土壌が出る手法、○は廃棄土壌が出ない手法
※ 数値は農林水産技術会議事務局にて検討中

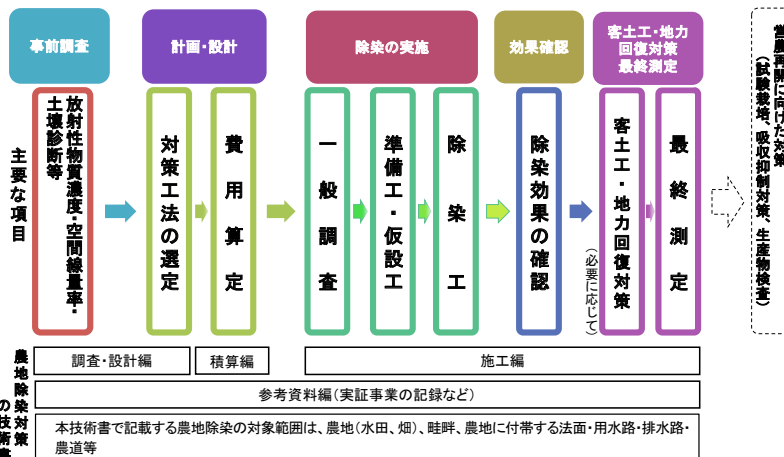
農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)について (H23.9.14:農林水産省)より 4

農地除染対策の技術書概要 (農林水産省・平成25年2月)より

Friday, May 31, 13

2. 農地除染対策の技術書における農地除染の流れと構成

- 農地除染は、事前調査、計画・設計、除染の実施、効果確認等の流れで実施。
- 農地除染対策の技術書は、「調査・設計編」、「施工編」、「積算編」、「参考資料編」の4編で構成。



農地除染対策の技術書概要 (農林水産省・平成25年2月)より
(<http://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/index.html>)

Friday, May 31, 13

1. 農産物の生産段階の低減対策例

1-1 土壌剥ぎ取り

土壌中の放射性セシウム濃度に応じて
選定しましょう、というガイドライン

～5000Bq/kg 反転耕

5000～10000Bq/kg 表土剥ぎ取り、泥水で除去、反転耕

10000～25000Bq/kg 表土剥ぎ取り

25000Bq/kg～ 厚めに表土剥ぎ取り

Friday, May 31, 13

1.農産物の生産段階の低減対策例

1-1 汚染された土壌を除く

1-2 カリウム投入

1-3 品種選択、品種改良

(1-4) ファイトレメディエーション

Friday, May 31, 13

やり方は？

(簡単に言うと)

”こしひかり”にイオンビームを当てて突然変異

突然変異したイネを3000-4000個用意

その中に、カドミウムを吸収しないイネが！

Friday, May 31, 13

成功例：カドミウム

農業環境技術研究所 > プレスリリース

プレスリリース



平成24年3月7日
独立行政法人 農業環境技術研究所

カドミウムをほとんど含まないコシヒカリ、イオンビーム照射で作成に成功
—安全なお米を生産現場から食卓へ—

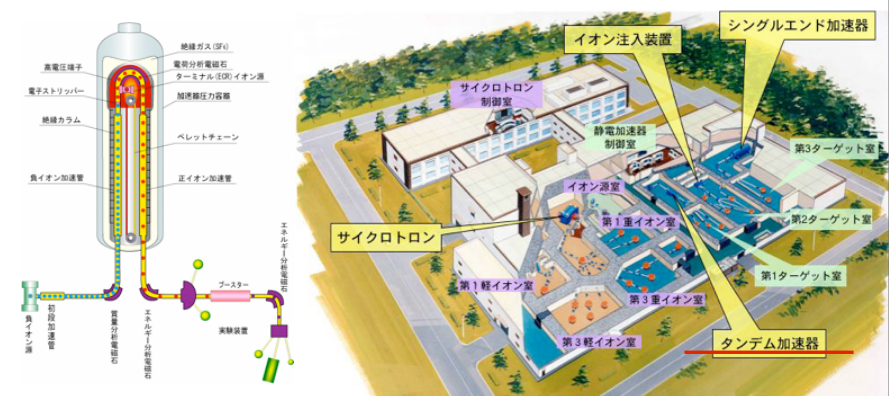
ポイント

- ・ コシヒカリの種子にイオンビームを照射することで、カドミウムをほとんど蓄積しない突然変異体の作成に成功しました。
- ・ この変異体の玄米カドミウム濃度は、カドミウムが多く含まれる土壌で栽培しても 0.03 mg/kg 以下であるため、食品衛生法に基づく米の基準値「0.4 mg/kg 以下」を大幅に下回ります。
- ・ 生育、玄米収量、食味値等はコシヒカリと同等です。
- ・ 新たに開発した DNA マーカーを利用して、他の栽培品種に低カドミウムの性質を導入することが可能です。

Friday, May 31, 13

イオンビームで突然変異 イオンビーム

今回、炭素イオンを使用



Friday, May 31, 13

イオンビームで突然変異

突然変異

染色体や塩基配列に変化が生じること。

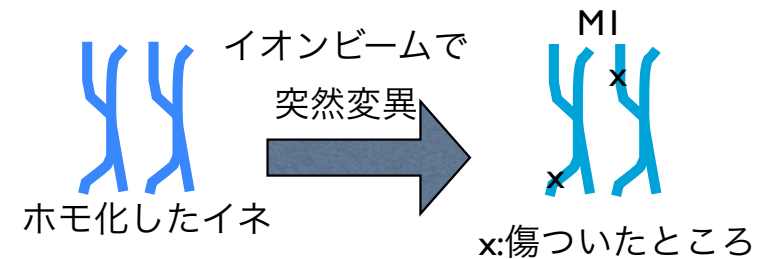
突然変異した個体を突然変異体（ミュータント）
という。

初代の突然変異体をM1という。

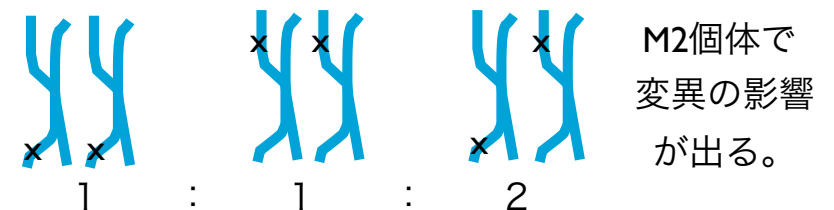
次の第2世代をM2という。

Friday, May 31, 13

第2世代で選抜する理由

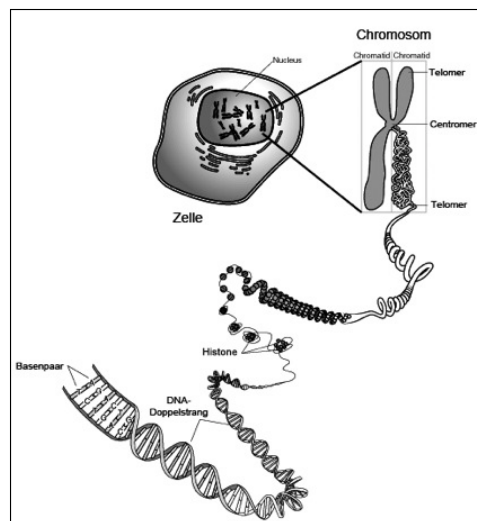


M2



Friday, May 31, 13

第2世代で選抜する理由



お父さん
から

お母さん
から



ホモ化したイネ
(自家受粉できるので)

Friday, May 31, 13

農環研：石川ら

低カドミウムイネ

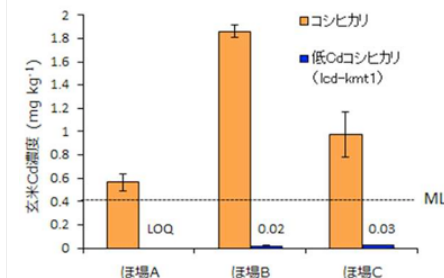


図1 高カドミウム土壌で栽培した時の玄米中のカドミウム (Cd) 濃度
LOQ: 定量限界値 (0.01 mg/kg) 未満
ML: 食品衛生法で定められた米のカドミウム濃度基準値

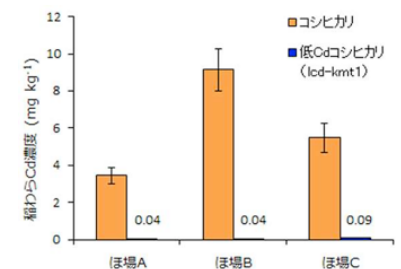


図2 高カドミウム土壌で栽培した時の稲わら中の Cd 濃度

Ishikawa S et al. PNAS 2012;109:19166-19171

Friday, May 31, 13

この突然変異体は どの遺伝子が壊れたか？

OsNRAMP5: マンガンの輸送体

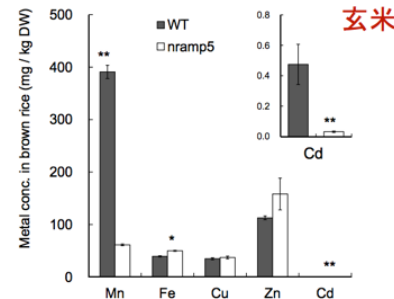
The Plant Cell, Vol. 24: 1-13, May 2012, www.plantcell.org © 2012 American Society of Plant Biologists. All rights reserved.

Nramp5 Is a Major Transporter Responsible for Manganese and Cadmium Uptake in Rice

Akikazu Sasaki, Naoki Yamaji, Kenji Yokozaki, and Jian Feng Ma
Institute of Plant Science and Resources, Okayama University, Kurashiki 710-0045, Japan

この遺伝子が働かないこと
で、マンガンの含量も減る。

OsNramp5 破壊株のカドミウム集積量—土耕



Friday, May 31, 13

OsNRAMP5のまとめ

OsNRAMP5は、主にマンガンを輸送している。

OsNRAMP5は、カドミウムも間違っって輸送してしまう。

OsNRAMP5がないと、カドミウム吸収量が激減する。（マンガンも減る）。

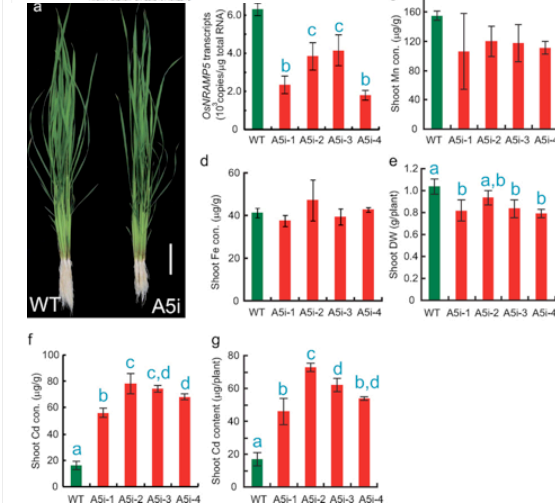
OsNRAMP5の発現が弱いと、（鉄輸送関連遺伝子の発現が高くなり、その鉄輸送関連遺伝子がカドミウムを輸送するので、結果的に）イネのカドミウム量が増える。

Friday, May 31, 13

SCIENTIFIC REPORTS

Characterizing the role of rice NRAMP5 in Manganese, Iron and Cadmium Transport

Yoshiko Shimizu, Ayumu Takahashi, Kiyonori Nakai, Toshihiro Sasaki, Masahito Sugawara, Kazuo Ooi, Masahito Yano, Tetsuaki Yamamoto, Tomoko Kato, Hiroshi Takahashi, & Toshiaki Yamamoto



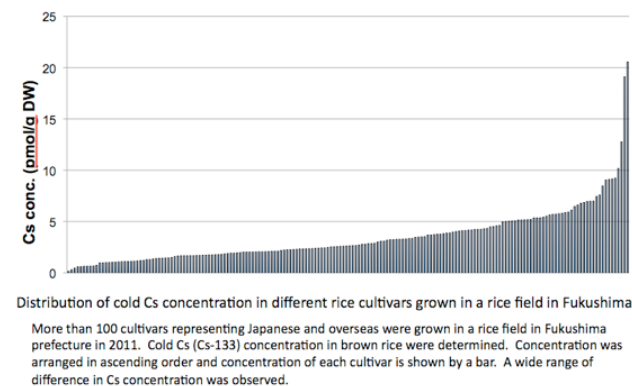
この遺伝子の働きを弱めると
Cd高吸収イネになる。

OsNRAMP5↓
鉄輸送関連
遺伝子↑
カドミウム含量↑

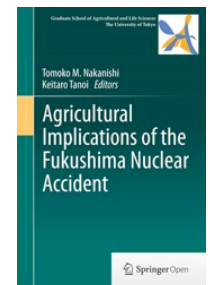
Friday, May 31, 13

では、セシウムは？

Cs-133の含量のバリエーション



Down load
Free!



Friday, May 31, 13

見通しは？

カドミウムとの違い
カドミウム — マンガン
セシウム — カリウム

何が起こるかわからない。
(理論は後からついてくる)

Friday, May 31, 13

一般的な日本の農地から放射性セシウムを除くのに
ファイトレメディエーションは効果がありません。

農業総合センターで栽培した ヒマワリの放射性セシウム吸収について

■研究の目的

土壤に蓄積した放射性セシウムに対して、ヒマワリのファイトレメディエーション（植物を用いた浄化法）の効果を検討しました。
本研究は平成23年度科学技術戦略推進費「農地土壤等における放射性物質除去技術の開発」の委託を受けて実施したものであり、試験は農業総合センターと飯館村の2カ所で行いました。

■開花30日後のヒマワリの移行率

部位	区名	Cs-134 Bq/kg FW	Cs-137 Bq/kg FW	Total-Cs Bq/kg FW	水分率	移行率	
子実	硫安＋無カリ	1.4±0.7	1.9±1.1	3.2±1.8	0.88	0.0031	土壌からの放射性セシウムの移行率は子実が0.3～0.4%、茎葉が3%前後と算出されました。
	硫安＋塩化カリ	2.3±0.7	2.6±0.8	5.0±1.5	0.78	0.0044	
茎葉	硫安＋無カリ	13.9±3.8	18.5±4.1	32.4±7.9	0.84	0.031	また、施肥条件の違いによるセシウム濃度の差は見られませんでした。
	硫安＋塩化カリ	12.9±2.5	18.4±5.2	31.3±7.7	0.85	0.028	
部位	区名	Cs-134 Bq/kg DW	Cs-137 Bq/kg DW	Total-Cs Bq/kg DW			
土壌	硫安＋無カリ	467±148	578±170	1045±318			
	硫安＋塩化カリ	508±89	626±104	1134±193			

分析：(株)ユーロフィンアナリティクス (子実・茎葉 n=3)
(財)日本分析センター (土壌 n=3)

Friday, May 31, 13

1.農産物の生産段階の低減対策例

1-1 汚染された土壌を除く

1-2 カリウム投入

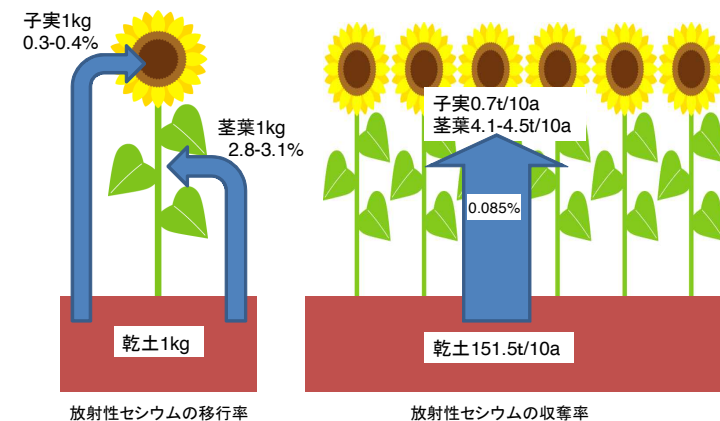
1-3 品種選択、品種改良

(1-4) ファイトレメディエーション

Friday, May 31, 13

一般的な日本の農地から放射性セシウムを除くのに
ファイトレメディエーションは効果がありません。

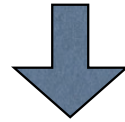
■放射性セシウムに対するヒマワリの除染効果



Friday, May 31, 13

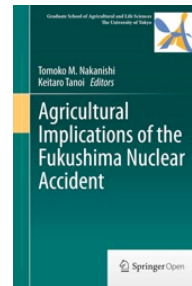
2. 加工過程での低減対策例

Down load
Free!



7/29 潮先生

(魚のかまぼこ製造過程での低減対策)



Friday, May 31, 13

IAEA-TECDOC-1616

2009年

Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1616_web.pdf

残存割合 (F_r : food processing retention factor)

重量比 (P_e : processing efficiency)

濃度比 (P_f : processing factor)

Friday, May 31, 13

加工で減らす

- 洗って減らす — 野菜の洗浄
- 部位で減らす — 精米 (玄米→白米)
- 調理で減らす — 煮込む (雑炊にしない)
- 時間で減らす — チーズやバター (^{131}I)

Friday, May 31, 13

野菜や果物

表 2.2.1-1 野菜や果物の残存割合 F_r と重量比 P_e

(以下のデータは、植物体内、体外ともに汚染があることを前提としたものである)

加工方法	元素	残存割合 F_r		重量比 P_e		
		最小	最大	最小	最大	
野菜、ベリー類、果物の洗浄	Cs	6×10^{-1}	1		1	
	Sr	4×10^{-1}	1		1	
野菜の皮をむく	Cs	5×10^{-1}	9×10^{-1}	7×10^{-1}		9×10^{-1}
	Sr	5×10^{-1}	9×10^{-1}	7×10^{-1}		9×10^{-1}
野菜、ベリー類、果物の煮沸	Cs	4×10^{-1}	9×10^{-1}	8×10^{-1}		1
	Sr	6×10^{-1}	1	8×10^{-1}		1
野菜の缶詰工程、漂白、塩水等への漬け工程	Cs	1×10^{-1}	1	5×10^{-1}		9×10^{-1}
	Sr	3×10^{-1}	1	5×10^{-1}		9×10^{-1}
テンサイからの砂糖製造	Cs	1×10^{-3}	1×10^{-2}		1.2×10^{-1}	
ジャガイモからのデンプン製造	Cs	2×10^{-2}	3×10^{-2}		1.8×10^{-1}	
オリーブ実の圧搾による油抽出	Cs		1.3×10^{-1}		2×10^{-1}	
オリーブの油かす			4.3×10^{-1}		5×10^{-1}	
アブラナの圧搾による油抽出	Cs		$P_f = 4 \times 10^{-3}$			
	Sr		$P_f = 2 \times 10^{-3}$			

(訳注: 濃度比 (processing factor) : P_f)

Friday, May 31, 13

野菜や果物

表 2.2.1-2 野菜や果物の残存割合 F_r と重量比 P_e

(以下のデータは、植物体外のみに汚染があることを前提としたものである)

加工方法	元素	残存割合 F_r			重量比 P_e		
		最小		最大	最小		最大
野菜、ベリー類、果物の洗浄	Cs	1×10^{-1}		9×10^{-1}		1.0	
	Sr	1×10^{-1}		5×10^{-1}		1.0	
野菜、ベリー類の煮沸	Cs	1×10^{-1}		5×10^{-1}	8×10^{-1}		1
	Sr	1×10^{-1}		2×10^{-1}	8×10^{-1}		1

Friday, May 31, 13

乳製品

表 2.2.1-5 乳製品の残存割合 F_r と重量比 P_e (推奨値は太字で表した)

乳製品	元素	残存割合 F_r			重量比 P_e		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
クリーム	Cs	5×10^{-2}	3×10^{-2}	1.6×10^{-1}	8×10^{-2}	3×10^{-2}	2.4×10^{-1}
	Sr	4×10^{-2}	2×10^{-2}	2.5×10^{-1}	8×10^{-2}	3×10^{-2}	2.4×10^{-1}
ヤワークリーム	Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^{-1}
	Sr	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1.3×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^{-1}
脱脂粉乳	Cs	9.5×10^{-1}	8.5×10^{-1}	9.9×10^{-1}	9.2×10^{-1}	7.6×10^{-1}	9.7×10^{-1}
	Sr	9.3×10^{-1}	7.5×10^{-1}	9.6×10^{-1}	9.2×10^{-1}	7.6×10^{-1}	9.7×10^{-1}
バター	Cs	1×10^{-1}	3×10^{-1}	2×10^{-1}	4×10^{-1}	3×10^{-1}	5×10^{-1}
	Sr	6×10^{-2}	2.5×10^{-1}	1.2×10^{-1}	4×10^{-1}	3×10^{-1}	5×10^{-1}
バターミルク	Cs	5×10^{-2}	2×10^{-2}	1.3×10^{-1}	4×10^{-2}	3×10^{-2}	0.14
	Sr	6×10^{-2}	3×10^{-2}	7×10^{-2}	4×10^{-2}	3×10^{-2}	0.14
乳脂肪	Sr		1×10^{-1}	2×10^{-1}			
	Cs	1.0		1.0	1.2×10^{-1}	1.1×10^{-1}	1.2
乾燥粉ミルク	Sr	1.0		1.0	1.2×10^{-1}	1.1×10^{-1}	1.2
	Cs	1.0		1.0	4×10^{-2}		3.7×10^{-1}
練乳	Sr	1.0		1.0	4×10^{-1}		3.7×10^{-1}
	Cs						
チーズ ¹	Cs		7×10^{-2}	1.5×10^{-1}	1.2×10^{-1}	8×10^{-2}	1.7×10^{-1}
	Sr			6.1×10^{-2}	1.2×10^{-1}	8×10^{-2}	1.7×10^{-1}
牛乳にレンネット（凝固剤）を添加して製造したもの	Cs	7×10^{-2}	5×10^{-2}	2.3×10^{-1}	1.2×10^{-1}	8×10^{-2}	1.8×10^{-1}
	Sr	7×10^{-2}	2.5×10^{-2}	8.0×10^{-2}	1.2×10^{-1}	8×10^{-2}	1.8×10^{-1}
牛乳に酸凝固剤を添加して製造したもの	Cs	6×10^{-2}	1×10^{-2}	1.2×10^{-1}	1.0×10^{-1}	8×10^{-2}	1.2×10^{-1}
	Sr	8×10^{-2}	4×10^{-2}	8×10^{-2}	1.0×10^{-1}	8×10^{-2}	1.2×10^{-1}
レンネット（凝固剤）で製造した Cottage チーズ（訳注：脱脂乳から製造されるチーズ）	Cs		1×10^{-2}	5×10^{-2}			
	Sr		7×10^{-2}	1.7×10^{-1}			
酸凝固剤で製造した Cottage チーズ	Cs	1×10^{-1}		1×10^{-1}	1.2×10^{-1}	1×10^{-1}	1.4×10^{-1}
	Sr		2×10^{-1}	7×10^{-1}	1.2×10^{-1}	1×10^{-1}	1.4×10^{-1}
ホエイ（乳清） ¹	Cs		7.3×10^{-1}		9.0×10^{-1}	7.0×10^{-1}	9.4×10^{-1}
	Sr		2.0×10^{-1}		9.0×10^{-1}	7.0×10^{-1}	9.4×10^{-1}
レンネット（凝固剤）使用の場合	Cs		7.3×10^{-1}		9.0×10^{-1}	7.0×10^{-1}	9.4×10^{-1}
	Sr		2.0×10^{-1}		9.0×10^{-1}	7.0×10^{-1}	9.4×10^{-1}
酸凝固剤使用の場合	Cs		7.5×10^{-1}		9.0×10^{-1}		8.2×10^{-1}
	Sr		7.0×10^{-1}		9.0×10^{-1}		8.2×10^{-1}
カゼイン ¹	Cs		1×10^{-1}			3×10^{-1}	6×10^{-1}
	Sr		1.0×10^{-1}			3×10^{-1}	6×10^{-1}
レンネット（凝固剤）使用の場合	Cs		1×10^{-1}			3×10^{-1}	6×10^{-1}
	Sr		1×10^{-1}			3×10^{-1}	6×10^{-1}
酸凝固剤使用の場合	Cs		5×10^{-1}			1×10^{-1}	8×10^{-1}
	Sr		5×10^{-1}			1×10^{-1}	8×10^{-1}
カゼインのホエイ ¹	Cs		7.7×10^{-1}		7.6×10^{-1}	7.3×10^{-1}	7.9×10^{-1}
	Sr		8×10^{-1}		7.6×10^{-1}	7.3×10^{-1}	7.9×10^{-1}
レンネット（凝固剤）使用の場合	Cs		8.3×10^{-1}		7.8×10^{-1}	7.5×10^{-1}	7.9×10^{-1}
	Sr		8.3×10^{-1}		7.8×10^{-1}	7.5×10^{-1}	7.9×10^{-1}
酸凝固剤使用の場合	Cs		6.7×10^{-1}		7.8×10^{-1}	7.5×10^{-1}	7.9×10^{-1}
	Sr		6.7×10^{-1}		7.8×10^{-1}	7.5×10^{-1}	7.9×10^{-1}
牛乳 ²	Cs		5×10^{-2}				
	Sr		1×10^{-1}				
イオン交換	Cs		4×10^{-2}		6×10^{-2}	1	1
	Sr		1×10^{-1}		1	1	1

¹ レンネット（凝固剤）及び酸凝固剤の使用を分けて記載； ² 市販牛乳を材料としてイオン交換法で除染

Friday, May 31, 13

穀物

表 2.2.1-3 穀物の残存割合 F_r と重量比 P_e

原材料	加工方法	元素	残存割合 F_r		重量比 P_e	
			最小	最大	最小	最大
コムギ、ライコムギ、オオムギ、オート麦	製粉（白）	Cs	2×10^{-1}	6×10^{-1}	6×10^{-1}	8×10^{-1}
		Sr	1×10^{-1}	6×10^{-1}	6×10^{-1}	8×10^{-1}
	製粉（全粒粉）	Cs	5×10^{-2}	2×10^{-1}	5×10^{-2}	1×10^{-1}
		Sr	1×10^{-1}	2×10^{-1}	5×10^{-2}	1×10^{-1}
	製粉（セモリナ粉—胚乳部分）	Cs	1.5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^{-1}	3×10^{-1}
		Cs	4×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^{-1}	4×10^{-1}
	製粉（殻）	Sr	6×10^{-1}	9×10^{-1}	1×10^{-1}	4×10^{-1}
		Cs	8×10^{-1}	9×10^{-1}	1.8	2.4
発芽コムギ料理	コムギのボン菓子	Cs	1×10^{-1}	1.5×10^{-1}	9×10^{-1}	9.5×10^{-1}
		Cs	2×10^{-1}	4×10^{-1}		
玄米	精米	Sr	1×10^{-1}	4×10^{-1}		
		Cs				
マカロニ、スパゲッティ、パスタ	茹でる	Cs	1×10^{-1}	4×10^{-1}		
		Cs				

表 2.2.1-4 飲料の残存割合 F_r と重量比 P_e

原材料	加工方法	元素	残存割合 F_r		重量比 P_e	
			最小	最大	最小	最大
茶	2-8 分間浸出	Cs	4×10^{-1}	6×10^{-1}		
		Cs	9×10^{-1}	(外部汚染の場合)		
ハーブティー	浸出	Cs	4×10^{-1}	6×10^{-1}		
		Cs	2×10^{-1}	9×10^{-1}	3×10^{-1}	9×10^{-1}
ベリー類、果物	果汁抽出	Cs	3×10^{-1}	7×10^{-1}	6×10^{-1}	8×10^{-1}
		Sr	2×10^{-1}	6×10^{-1}	6×10^{-1}	8×10^{-1}
ブドウ	ワイン製造	Cs				
		Sr				

Friday, May 31, 13

肉

表 2.2.1-6 精肉の残存割合 F_r と重量比 P_e (推奨値は太字で表した)

原材料	加工方法	元素	残存割合 F_r			重量比 P_e		
			平均	最小	最大	最小		最大
動物組織（牛、豚、羊、鹿、ウサギ）	肉を煮沸	Cs	4×10^{-1}	2×10^{-1}	7×10^{-1}	5×10^{-1}		7×10^{-1}
		Sr	5×10^{-1}	4×10^{-1}	9×10^{-1}	5×10^{-1}		7×10^{-1}
	骨を煮沸	Cs	3×10^{-1}	2×10^{-1}	3×10^{-1}		1.0	
		Sr			9.9×10^{-1}		1.0	
	揚げた肉、焼いた肉、グリルした肉	Cs	7×10^{-1}	5×10^{-1}	8×10^{-1}	4×10^{-1}		7×10^{-1}
		Sr			8×10^{-1}	4×10^{-1}		7×10^{-1}
	電子レンジで肉を焼いた	Cs	5×10^{-1}	4×10^{-1}	5×10^{-1}	4×10^{-1}		7×10^{-1}
		Cs	5×10^{-1}	1×10^{-1}	7×10^{-1}	9×10^{-1}		1
	塩漬け肉、マリネにした肉	Cs						
		Cs		4×10^{-1}	1.0			
鳥	茹でた肉	Sr			5×10^{-1}			
		Cs		7×10^{-1}	8×10^{-1}			
魚	茹でた肉	Cs		2×10^{-1}	9×10^{-1}	5×10^{-1}		9×10^{-1}
		Sr			9×10^{-1}	5×10^{-1}		9×10^{-1}
	揚げた肉	Cs		8×10^{-1}	9×10^{-1}	7×10^{-1}		8×10^{-1}
		Cs						

Friday, May 31, 13

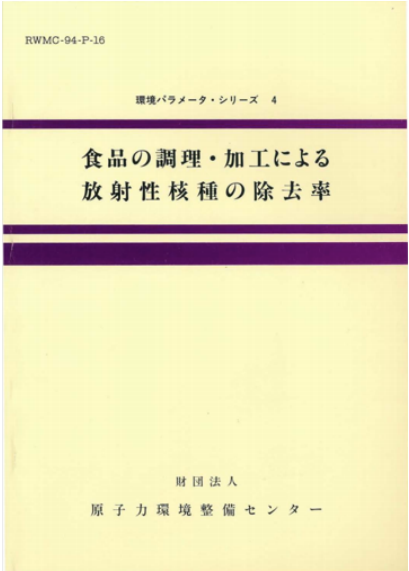
林産物

表 2.2.1-7 林産物（キノコ類、ベリー類）の Cs-137 及び Sr-90 における残存割合 F_r と重量比 P_e （以下のデータは、植物体内、体外ともに汚染があることを前提としたものである）

原材料	加工手法	F _r			P _e		
		最小		最大	最小		最大
ベリー類 (コケモモ、ブラックベリー)	洗浄	8 × 10 ⁻¹		1	1		
	煮沸	5 × 10 ⁻¹		6 × 10 ⁻¹	1		
	乾燥	1			1 × 10 ⁻¹		
	乾燥ベリーの水もどし	8 × 10 ⁻¹			1 × 10 ⁻¹		
キノコ類	洗浄	4 × 10 ⁻¹			1		
	キノコの乾燥	1			1 × 10 ⁻¹		1.2 × 10 ⁻¹
		(Sr: 1)			1 × 10 ⁻¹		1.2 × 10 ⁻¹
	乾燥キノコの洗浄	5 × 10 ⁻¹			1 × 10 ⁻¹		
	乾燥キノコの水もどし	1 × 10 ⁻¹		2 × 10 ⁻¹	1 × 10 ⁻¹		
	加塩	7 × 10 ⁻²		1 × 10 ⁻¹	6 × 10 ⁻¹		9 × 10 ⁻¹
	煮沸(30-60 分)	1 × 10 ⁻¹		3 × 10 ⁻¹	6 × 10 ⁻¹		8 × 10 ⁻¹
		Sr: 2 × 10 ⁻¹		9 × 10 ⁻¹	6 × 10 ⁻¹		8 × 10 ⁻¹
	乾燥キノコの煮沸	1 × 10 ⁻¹			1.5 × 10 ⁻¹		
	キノコの漬け物加工	6 × 10 ⁻²		1 × 10 ⁻¹	6 × 10 ⁻¹		
		(Sr: 5 × 10 ⁻¹)			6 × 10 ⁻¹		

Friday, May 31, 13

無料でダウンロードできます。



Friday, May 31, 13

キノコ

表 2.2.1-8 可食キノコ種類別の Cs-137 における残存割合 F_r と重量比 P_e

キノコ種類	料理の種類	F_r		P_e		
		最小	最大	最小	最大	
ヤマドリタケ(乾燥重量)	料理の工程順					
	10 分間の流水洗浄	9.0×10^{-1}	9.5×10^{-1}		1.1	
	0.85%塩濃度の溶液に 10 時間漬けた後、流水により洗浄	1.5×10^{-1}	2.0×10^{-1}	1.5		1.7
	5 分間煮沸の後に煮汁を廃棄	8×10^{-2}	1.0×10^{-1}	8×10^{-1}		9×10^{-1}
	20 分間煮沸の後に煮汁を廃棄	3×10^{-2}	5×10^{-2}		7×10^{-1}	
Suillus variegatus (新鮮重量)	料理の工程順					
	キノコの傘の付着物除去	8.0×10^{-1}	8.5×10^{-1}		1.0	
	10 分間の流水洗浄	5.0×10^{-1}	5.5×10^{-1}		1.3	
	20 分間煮沸の後、10 分間の流水洗浄	1.5×10^{-1}	2.0×10^{-1}		8×10^{-1}	
	漬け物へ	5×10^{-2}	1.0×10^{-1}		5×10^{-1}	
ニセイロガワリ(新鮮重量)	5 分間煮沸	2.5×10^{-1}	3.0×10^{-1}		9×10^{-1}	
	10 分間煮沸	1.5×10^{-1}	2.0×10^{-1}		8×10^{-1}	
	20 分間煮沸	5×10^{-2}	7×10^{-2}		8×10^{-1}	
	20 分間漬け置き	8.0×10^{-1}	8.5×10^{-1}		1.3	
	40 分間漬け置き	6.0×10^{-1}	7.0×10^{-1}		1.3	
	60 分間漬け置き	3.0×10^{-1}	4.0×10^{-1}		1.3	
	料理の工程順					
Lactarius deliciosus L. necator, シロハツ(新鮮重量)	キノコの傘の付着物除去	7.0×10^{-1}	7.5×10^{-1}		1.0	
	10 分間の流水洗浄	6.5×10^{-1}	7.0×10^{-1}		1.0	
	24 時間漬け置き	2.5×10^{-1}	3.0×10^{-1}		1.2	
	48 時間漬け置き	1.0×10^{-1}	1.2×10^{-1}		1.2	
	72 時間漬け置き	2×10^{-2}	3×10^{-2}		1.2	
	2-3 %塩水に 72 時間漬け置き	3×10^{-3}	5×10^{-3}		1.0	
	料理の工程順					

Friday, May 31, 13

原発事故の後のデータは。。。。

福島県農業総合センター

2) ナタネから搾出した油の分析結果について

暫定規制値を超過した県内のナタネ子実 (720Bq/kg) を、農業総合センターで搾油し、放射性物質濃度を測定したところ、子実から油への放射性セシウムの移行は極めて小さかった。

表 2 ナタネ油の放射性セシウム濃度

搾油方法	測定時間	Cs134	Cs137	Total-Cs
	秒	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
圧搾法	57,056	1.67	1.96	3.63
抽出法	95,656	0.518	0.669	1.187

分析：(独) 農業環境技術研究所

Friday, May 31, 13

福島県農業総合センター

モモ加工品（洗浄・ジュース・乾燥・コンポート）

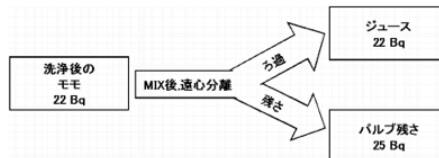
① 原料の洗浄

洗浄によっては放射性物質は低減しなかったことから、果実外部への付着はほとんど無いと考えられた。



② ジュース加工

ジュース加工では、原料、果汁、パルプ残さに含まれる放射性セシウム濃度に差はなかった。



Friday, May 31, 13

お米

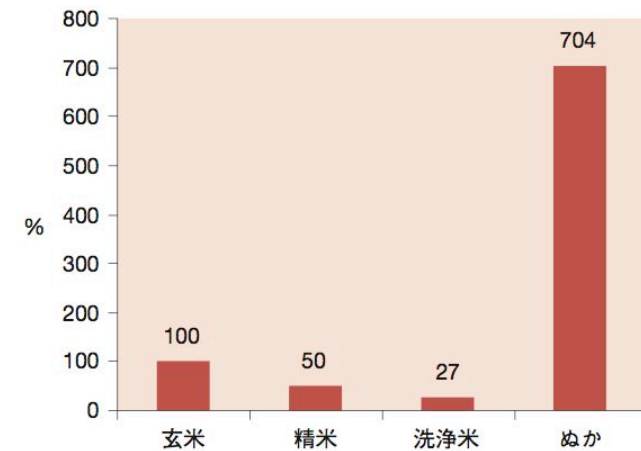
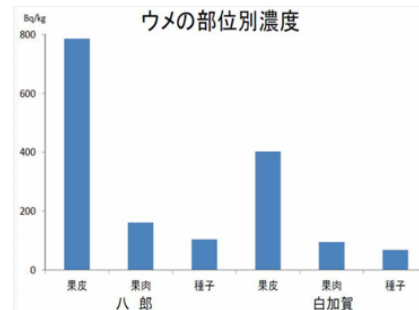
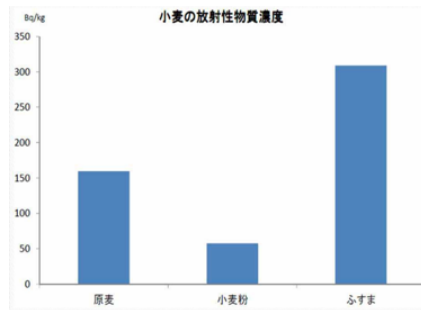


図5 放射性セシウム濃度の相対値（玄米を100として）

生物の科学 遺伝 2012年1月号「福島第一原子力発電所事故の農業・畜産に及ぼす影響を考える (1)——農産物汚染を中心として」 田野井、中西

Friday, May 31, 13

福島県農業総合センター



Friday, May 31, 13

食品加工

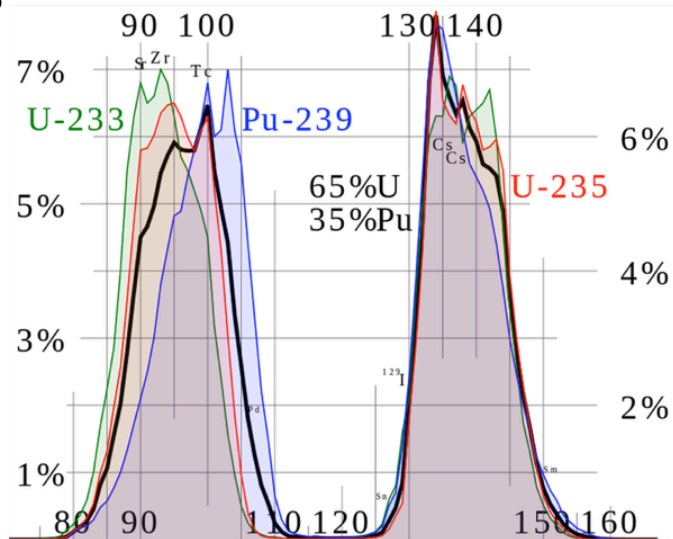
tecdoc より、、、

「...加工過程での低減効果を考慮しないと、内部被ばく量を過大評価してしまうことになる。さらに言えば、原材料である野菜や肉を加工することは、食品中の汚染を低減させる方法として最も効果的な対策である。このような対策は、食品加工工場のみならず家庭でも実施しうるものである。」

Friday, May 31, 13

3. 何故、放射性セシウムか？

U-235



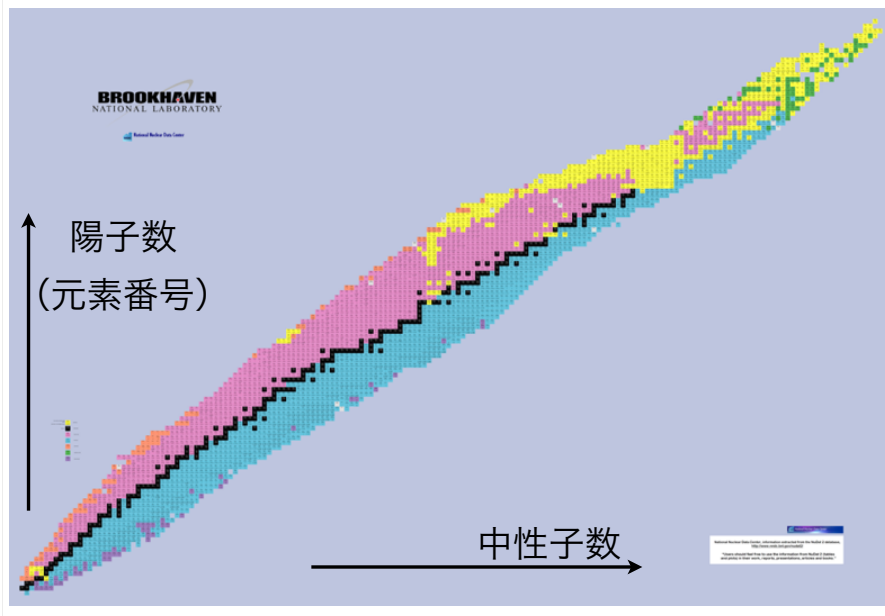
Friday, May 31, 13

現況、Cs-134、Cs-137

131Ia 59 M ε- 100.00%	132La 4.8 H ε- 100.00%	133La 3.912 H ε- 100.00%	134La 6.45 M ε- 100.00%	135La 19.5 H ε- 100.00%	136La 9.87 M ε- 100.00%	137La 6E+4 Y ε- 100.00%	138La 1.02E+11 Y 0.090% ε- 85.80% β- 34.40%	139La STABLE 99.910%	140La 1.67855 D β- 100.00%	141La 3.92 H β- 100.00%	142La 91.1 M β- 100.00%	143La 14.2 M β- 100.00%
130Ba ε- 3.5E+14 Y 0.106% 2α	131Ba 11.50 D ε- 100.00%	132Ba >3.0E+21 Y 0.101% 2α	133Ba 3841 D ε- 100.00%	134Ba 2.417% STABLE	135Ba 6.592% STABLE	136Ba 7.854% STABLE	137Ba 11.232% STABLE	138Ba 71.698% STABLE	139Ba 83.06 M β- 100.00%	140Ba 12.7527 D β- 100.00%	141Ba 18.27 M β- 100.00%	142Ba 10.6 M β- 100.00%
129Cs 32.06 H ε- 100.00%	130Cs 29.21 M ε- 98.40% β- 1.60%	131Cs 9.659 D ε- 100.00%	132Cs 6.460 D ε- 98.13% β- 1.87%	133Cs 100% STABLE	134Cs 2.0652 Y β- 100.00%	135Cs 2.3E+6 Y β- 100.00%	136Cs 13.04 D β- 100.00%	137Cs 30.08 Y β- 100.00%	138Cs 33.41 M β- 100.00%	139Cs 9.27 M β- 100.00%	140Cs 63.7 S β- 100.00%	141Cs 24.84 S β- 100.00%
128Xe STABLE 1.910%	129Xe STABLE 56.40%	130Xe STABLE 4.071%	131Xe STABLE 21.252%	132Xe 26.959% β- 100.00%	133Xe 5.243 D β- 100.00%	134Xe >5.8E+22 Y 10.436% 2β- α 0.00%	135Xe 9.14 H β- 100.00%	136Xe >2.4E+21 Y 8.857% 2β- β- 100.00%	137Xe 3.618 M β- 100.00%	138Xe 14.06 M β- 100.00%	139Xe 59.68 S β- 100.00%	140Xe 13.60 S β- 100.00%
127I STABLE 100%	128I 24.99 M β- 93.10% ε- 6.90%	129I 1.57E+7 Y β- 100.00%	130I 12.36 H β- 100.00%	131I 8.0252 D β- 100.00%	132I 2.295 H β- 100.00%	133I 20.8 H β- 100.00%	134I 52.5 M β- 100.00%	135I 6.58 H β- 100.00%	136I 83.4 S β- 100.00%	137I 24.5 S β- 100.00%	138I 6.23 S β- 100.00%	139I 2.280 S β- 100.00%
126Te STABLE 18.84%	127Te 9.35 H β- 100.00%	128Te 8.8E+18 Y 31.74% 2β- 100.00%	129Te 69.6 M β- 100.00%	130Te >5E+23 Y 34.08% 2β- 100.00%	131Te 25.0 M β- 100.00%	132Te 3.204 D β- 100.00%	133Te 12.5 M β- 100.00%	134Te 41.8 M β- 100.00%	135Te 19.0 S β- 100.00%	136Te 17.63 S β- 100.00%	137Te 2.49 S β- 100.00%	138Te 1.4 S β- 100.00%
125Sb	126Sb	127Sb	128Sb	129Sb	130Sb	131Sb	132Sb	133Sb	134Sb	135Sb	136Sb	137Sb

Friday, May 31, 13

核図表



Friday, May 31, 13

3. 何故、放射性セシウムか？

1. 核図表で見てみよう

2. 沸点の違い？

(参考)

キセノン	沸点	-108.1℃
ヨウ素	沸点	113℃
セシウム	沸点	671℃
ストロンチウム	沸点	1382℃

Friday, May 31, 13