

土壌から農作物への放射性核種の移行

重要な核種

^{137}Cs



環境科学技術研究所



国立大学法人
福島大学
Fukushima University

塚田 祥文

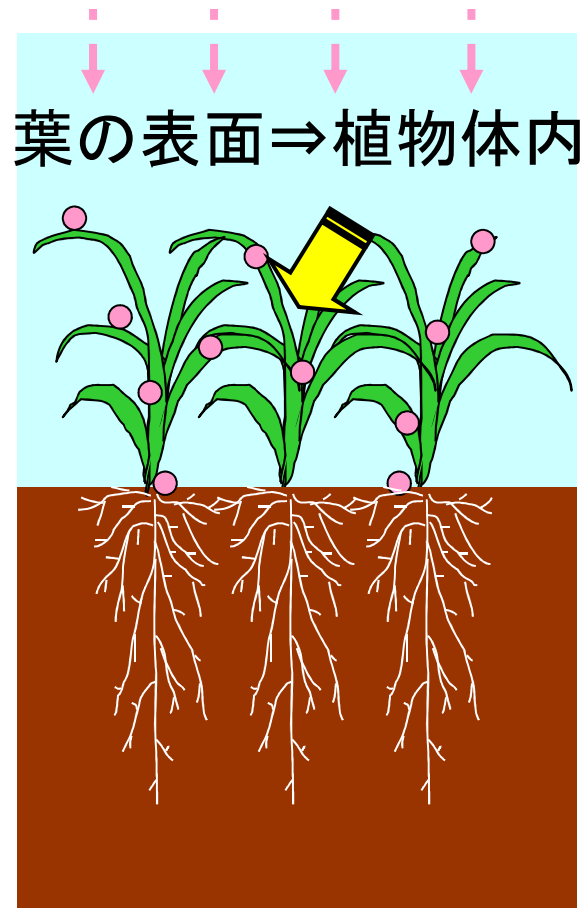
本日の話題

- ▶ 放射性核種の農作物への移行経路
- ▶ 土壌中放射性セシウムの存在形態
- ▶ 土壌から農作物への放射性セシウムの移行



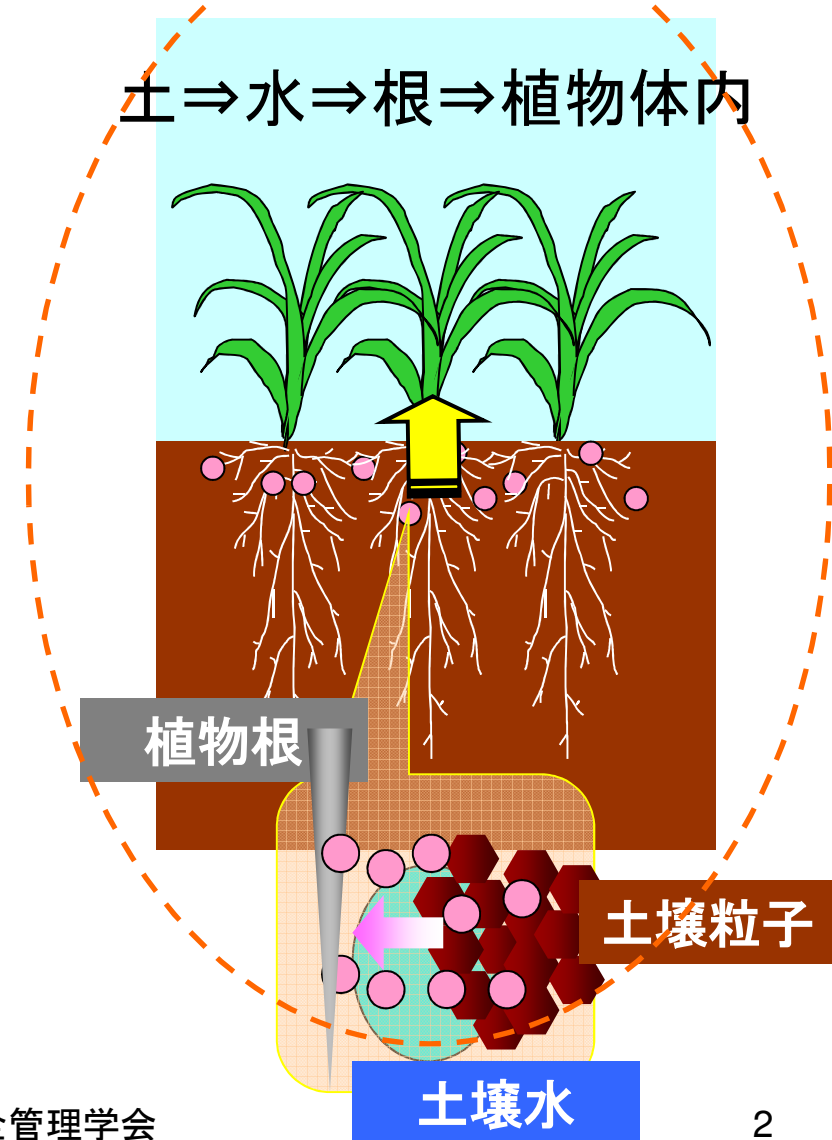
植物へ吸収される放射性核種の移行経路

葉からの吸収(葉面吸収)

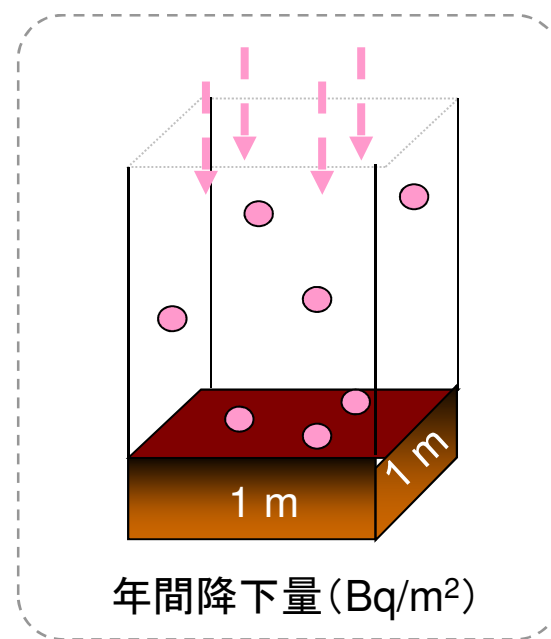
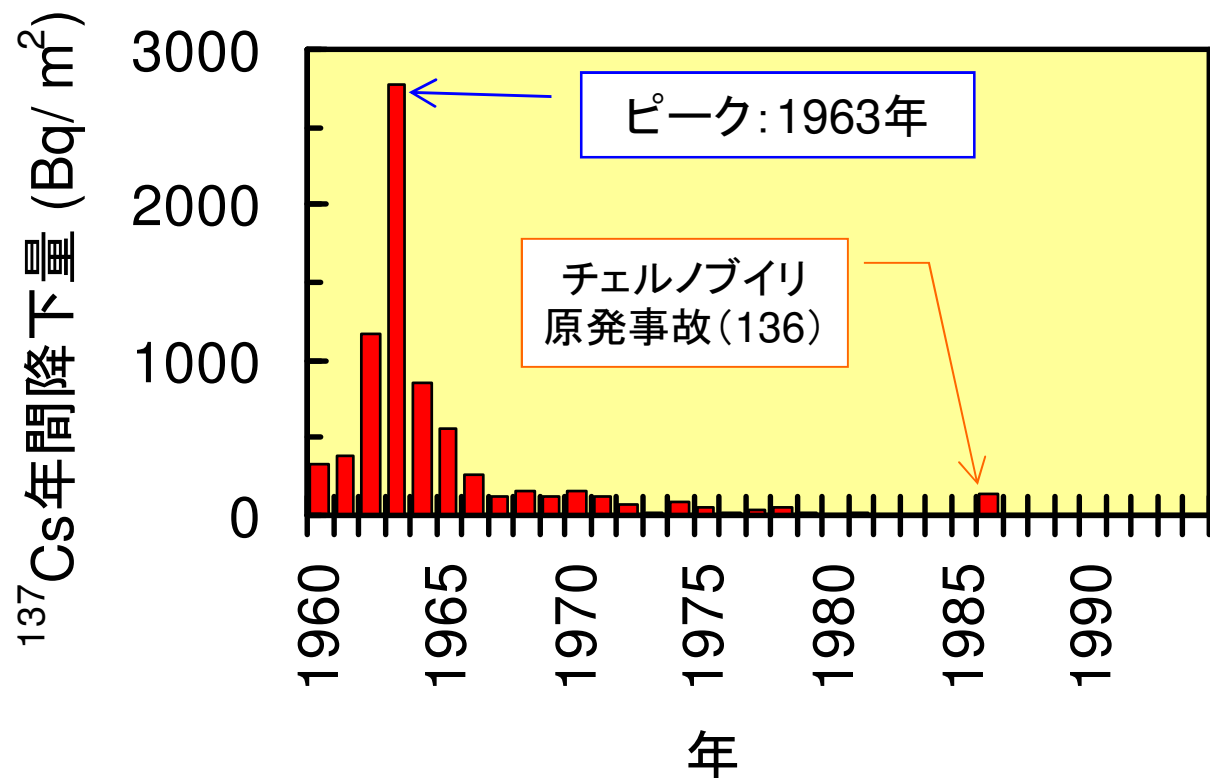


● 放射性核種

根からの吸収(経根吸収)



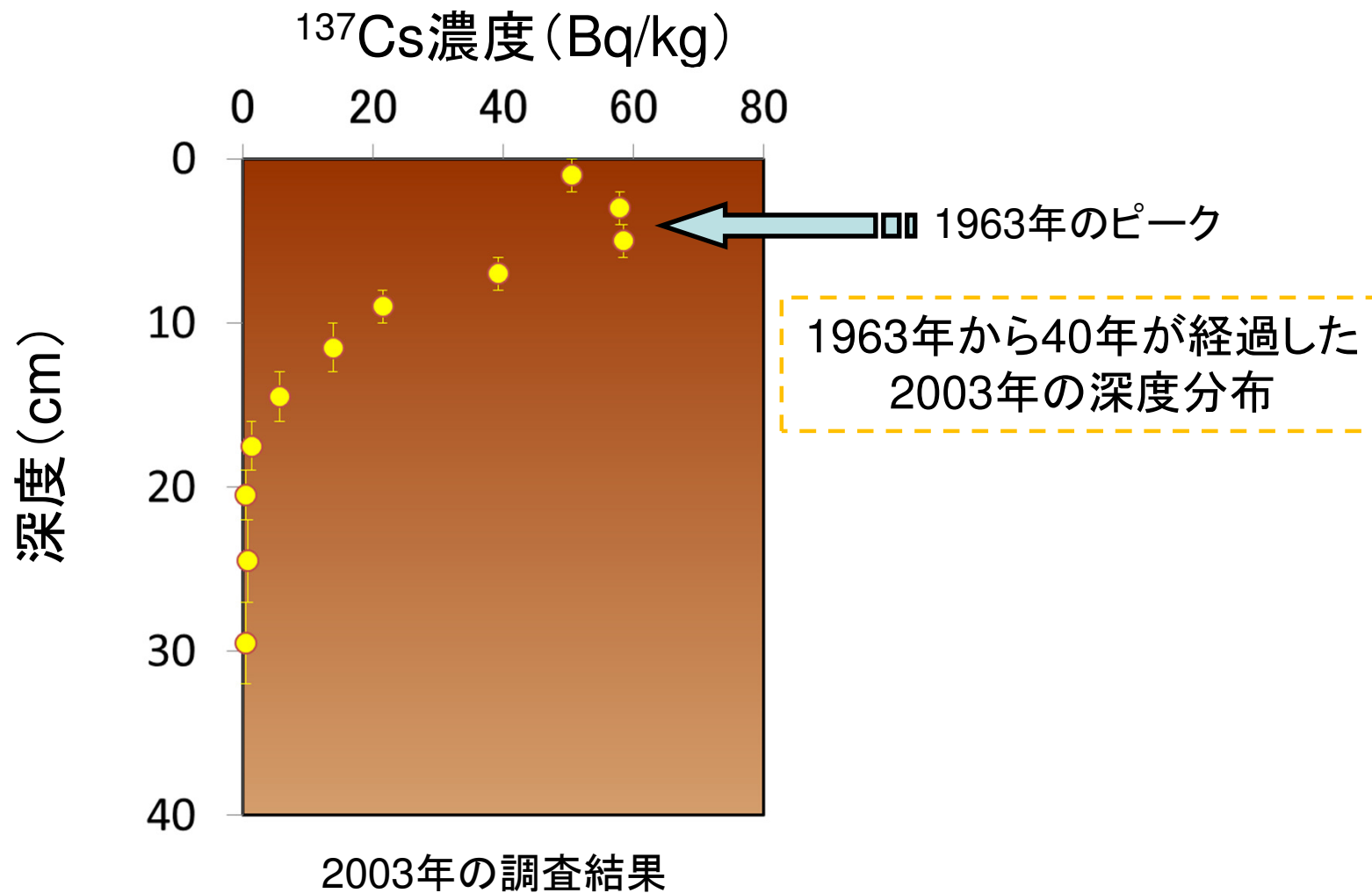
青森市における1960-1994年の ^{137}Cs 年間降下量の推移



(Hiroseら、1987; Aoyamaら、1991; NIRS、1979-1997から作成)

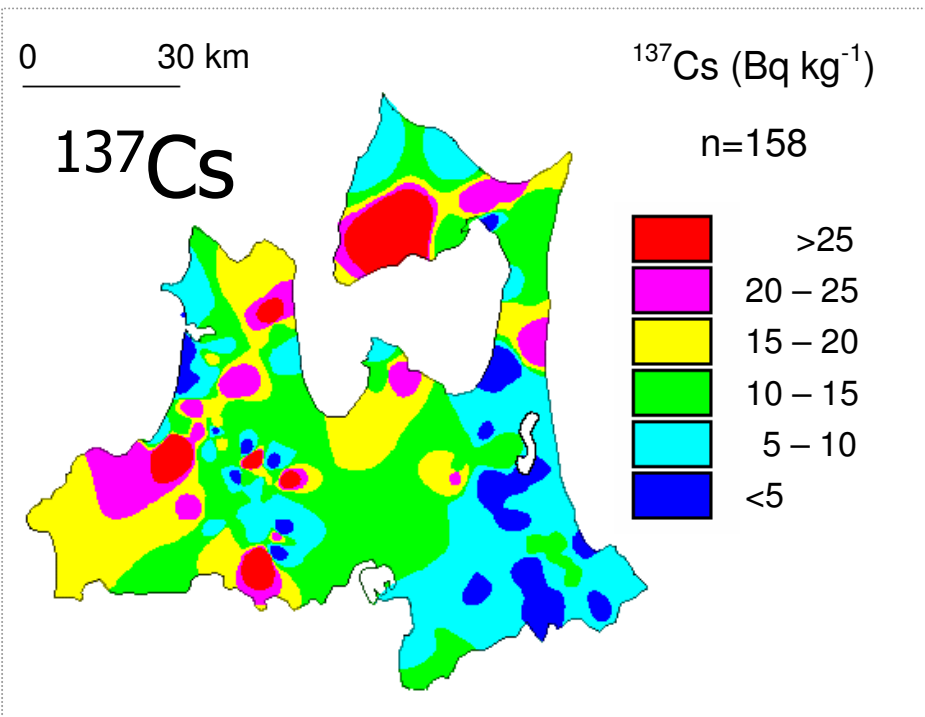
フォールアウト ^{137}Cs : 大気圏核実験由来の放射性 ^{137}Cs は、
土壌に沈着後数十年が経過

青森県六ヶ所村未耕地における 2003年の土壌中 ^{137}Cs 濃度鉛直分布



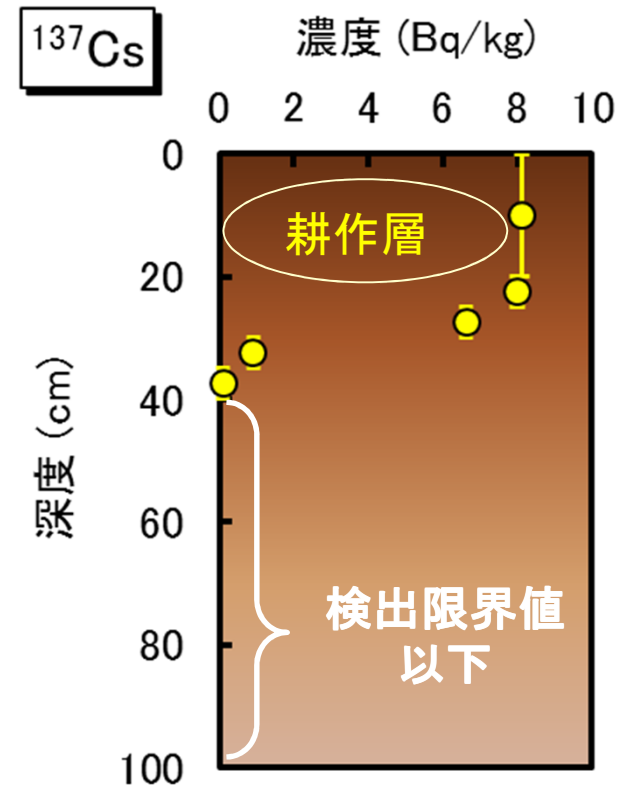
青森県における耕作土壤中 ^{137}Cs 濃度分布

青森県内の耕作土壤中 ^{137}Cs 濃度を
基に作成した県内濃度分布



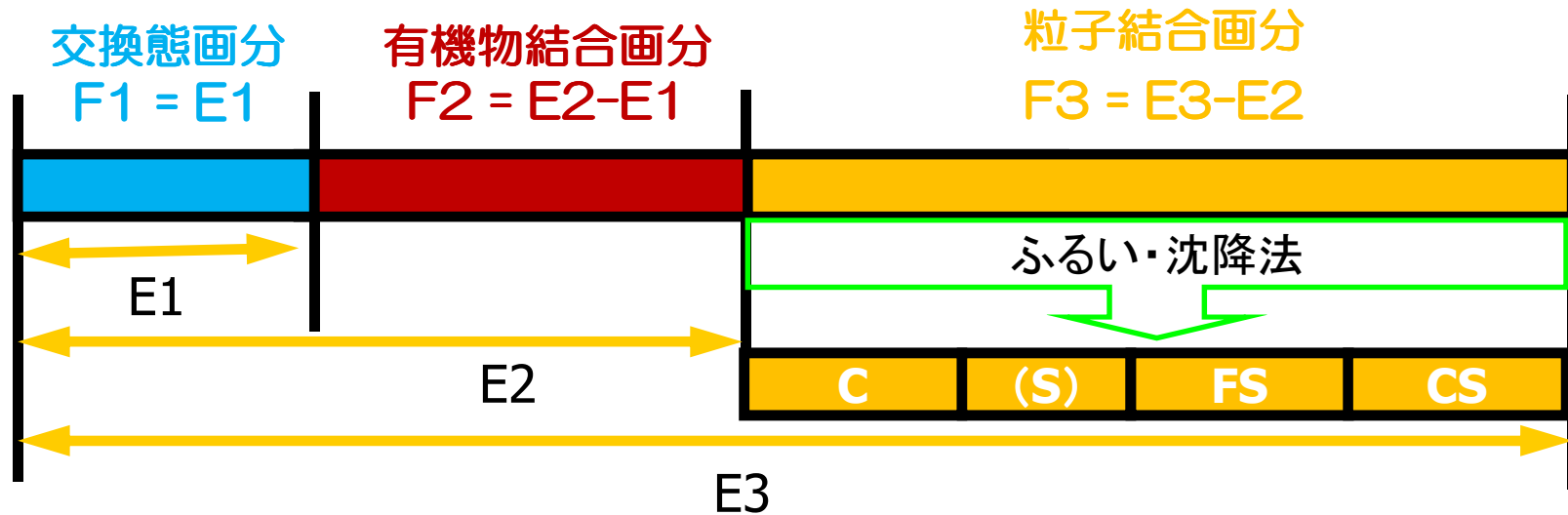
1999年～2002年の調査結果
平均値: 11 Bq/kg
(土壤中 ^{40}K 濃度: 280 Bq/kg)

十和田市藤阪における
 ^{137}Cs 鉛直分布の例



2001年の調査結果

土壤中における放射性 ^{137}Cs の存在形態



抽出形態画分

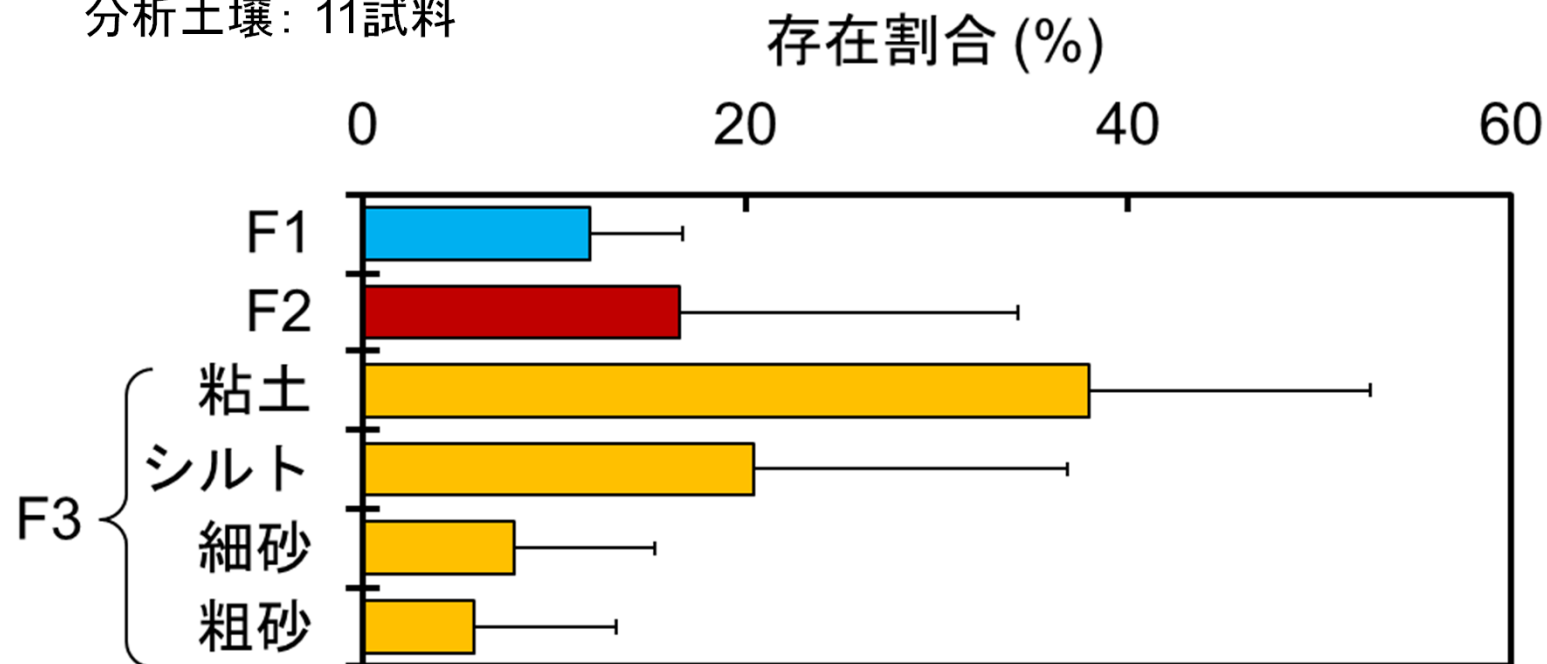
- E1: 1M酢酸アンモニウム
- E2: 過酸化水素+硝酸+酢酸アンモニウム
- E3: 全濃度

粒径分布

- C: 粘土 (<0.002 mm)
- S: シルト (0.002~0.02 mm)
- FS: 細砂 (0.02~0.2 mm)
- CS: 粗砂 (0.2~2 mm)

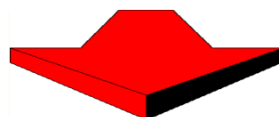
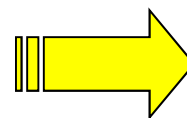
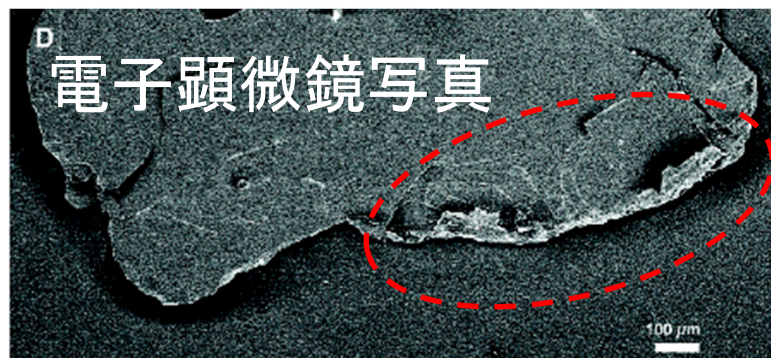
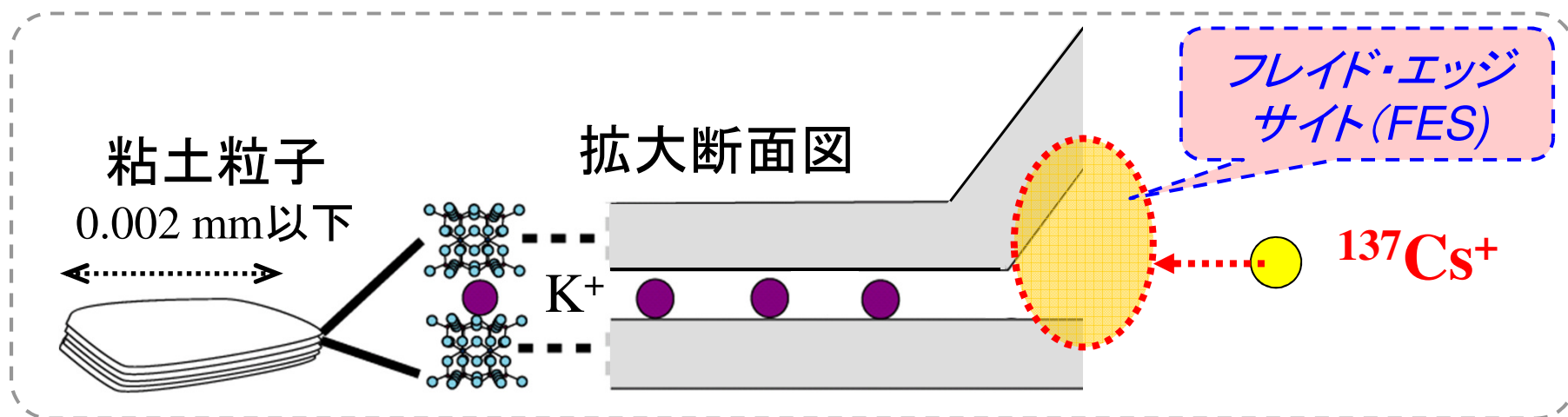
土壤中フォールアウト ^{137}Cs の存在形態分布

分析土壌: 11試料



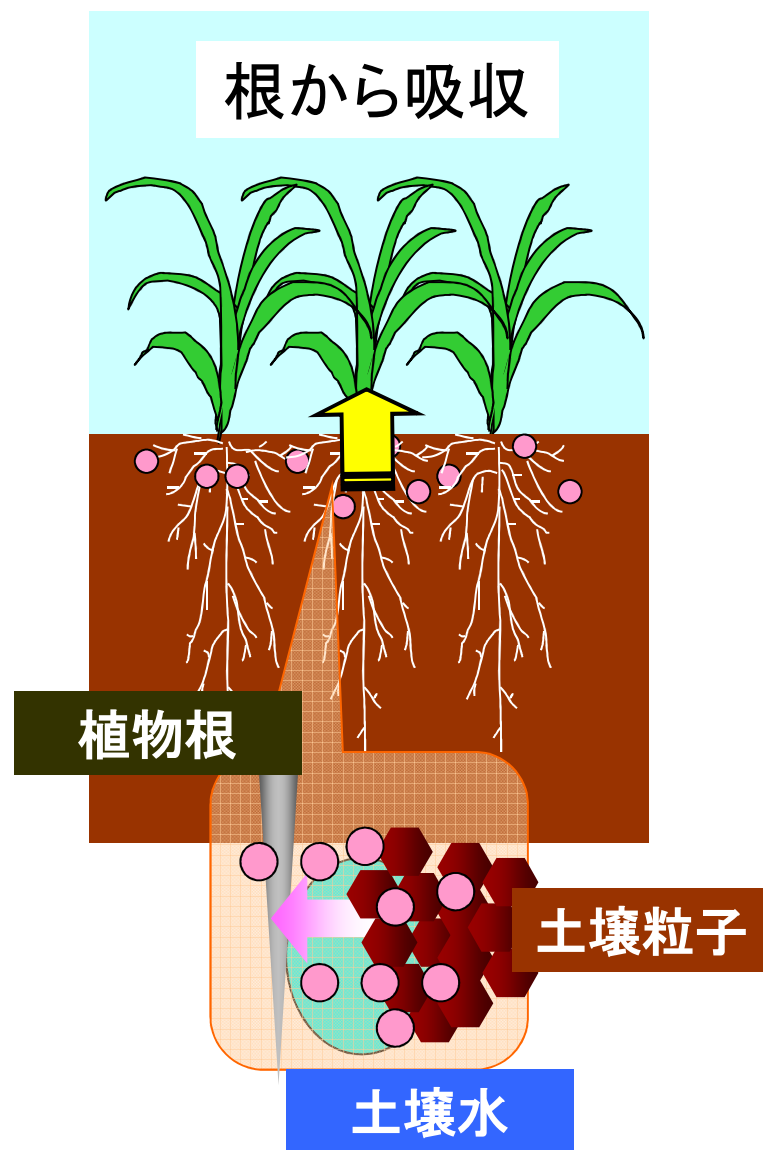
F1 (比較的溶けだしやすい部分; 交換態) : 12%
F2 (有機物と結合している部分; 有機物結合態) : 16%
F3 (粒子中に存在している部分; 粒子結合態) : 72%

なぜ土壌の粒子中に ^{137}Cs は強く結合するか



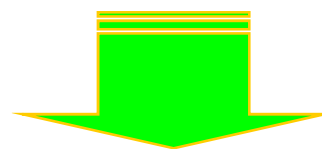
FESに結合した放射性セシウムは、植物への移行が困難

土壌中放射性セシウムの経時変化

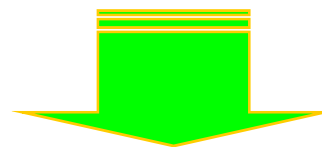


土 ⇔ 土壌水 ⇒ 根 ⇒ 植物

放射性セシウムが土壌に付着



時間の経過に伴い
水への溶出が減少



土壌から植物に吸収される割合も減少

経時変化の実験手順

土壌へ¹³⁷Csを添加(● キャリアフリー)

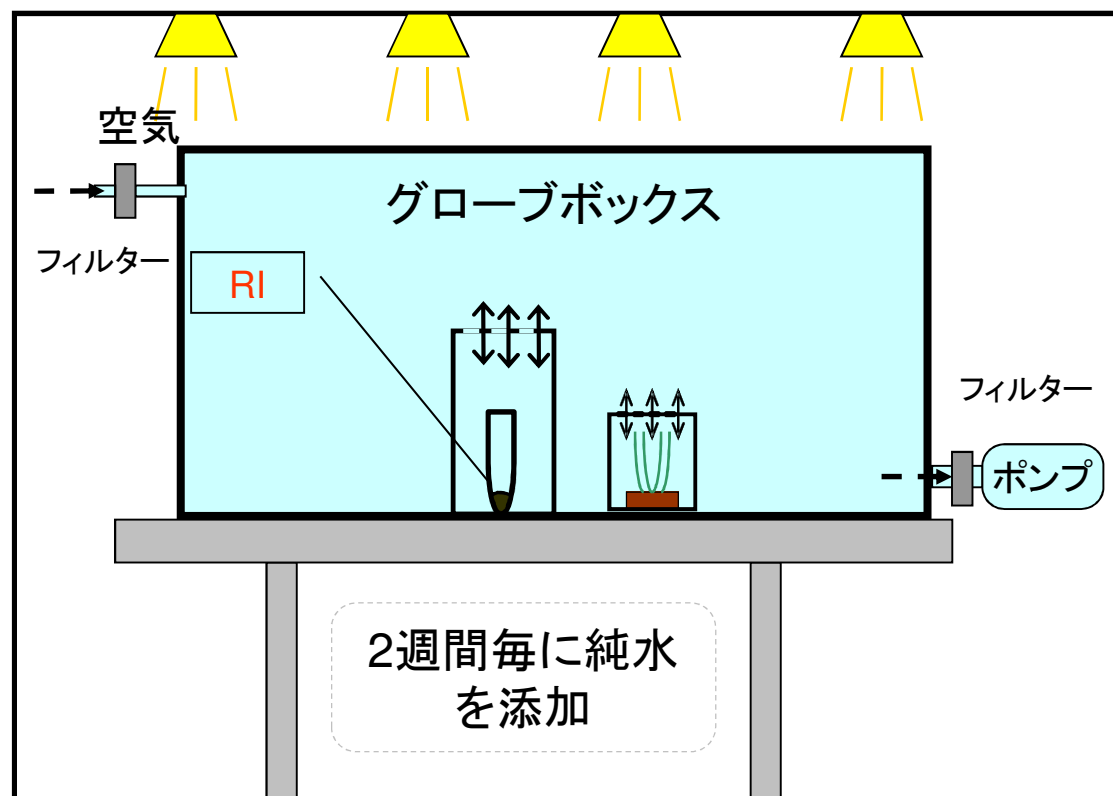
経過時間 (日) 0 24 59 154 350 709



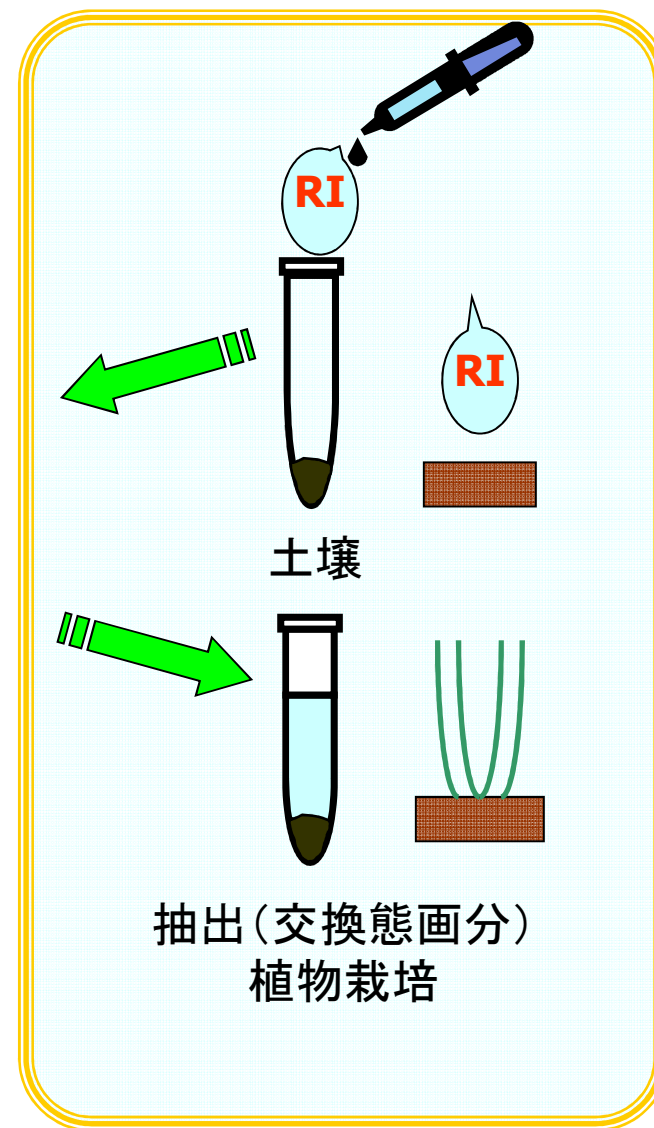
水抽出

植物栽培

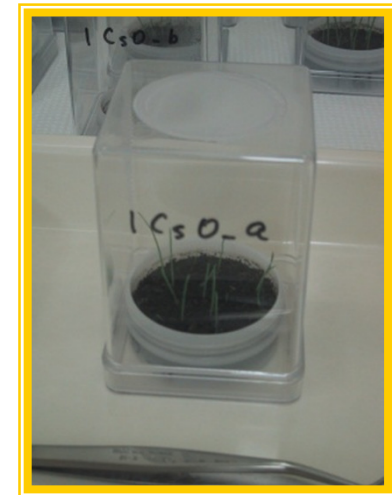
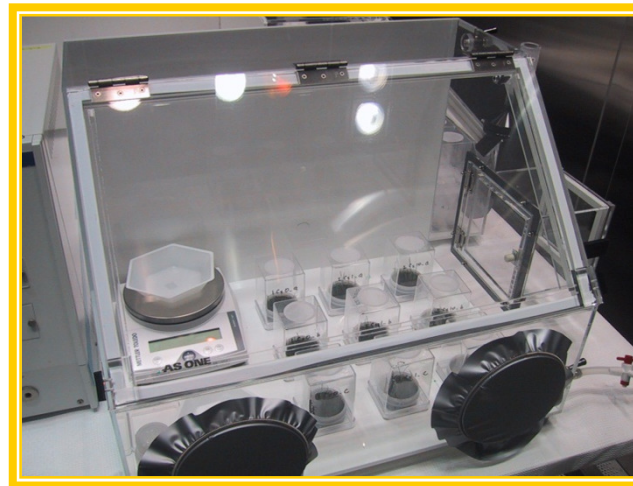
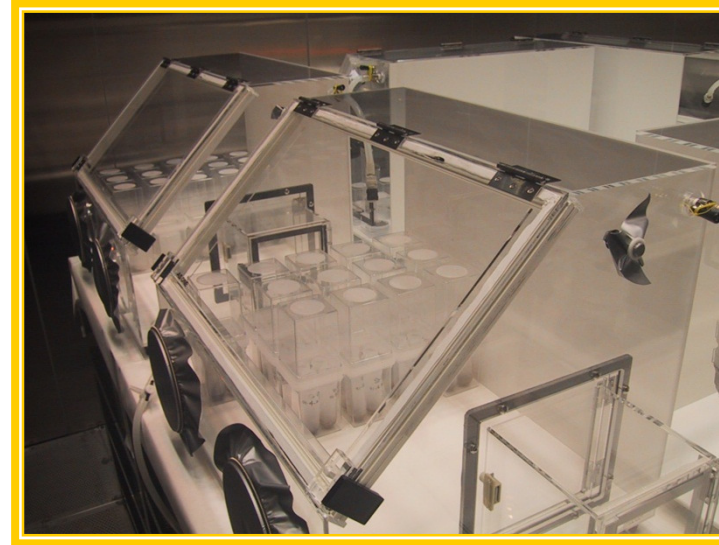
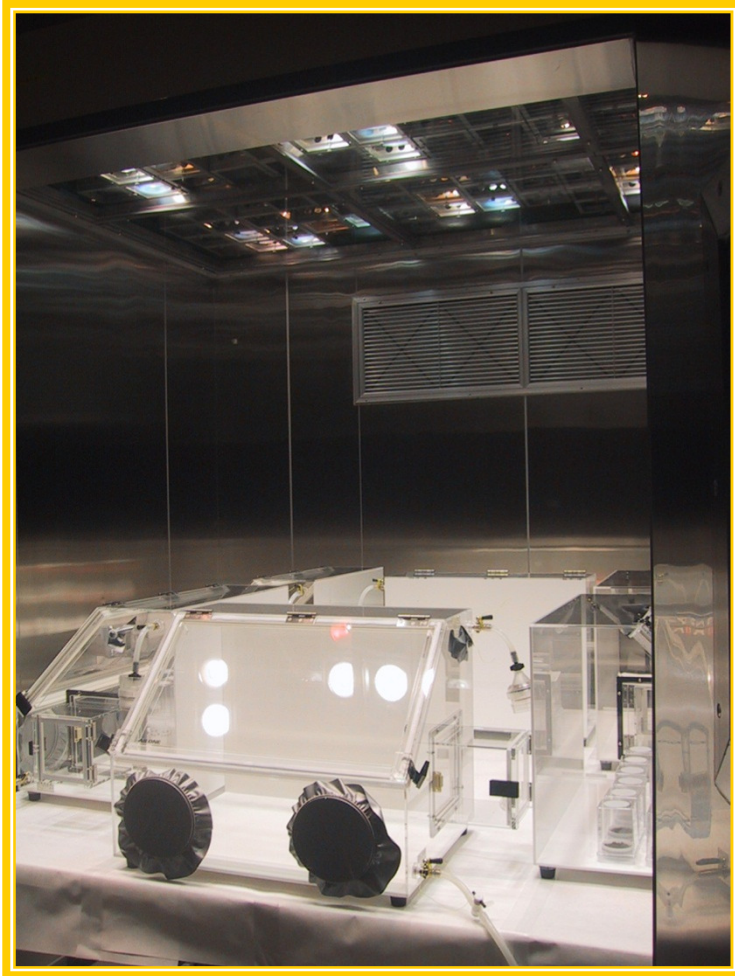
室内での ^{137}Cs 添加による経時変化の実験



人工気象チャンバー: 室温、 17°C ; 湿度、60%; 照度、 30000 lx ; 日照時間、12 h



実験の様相

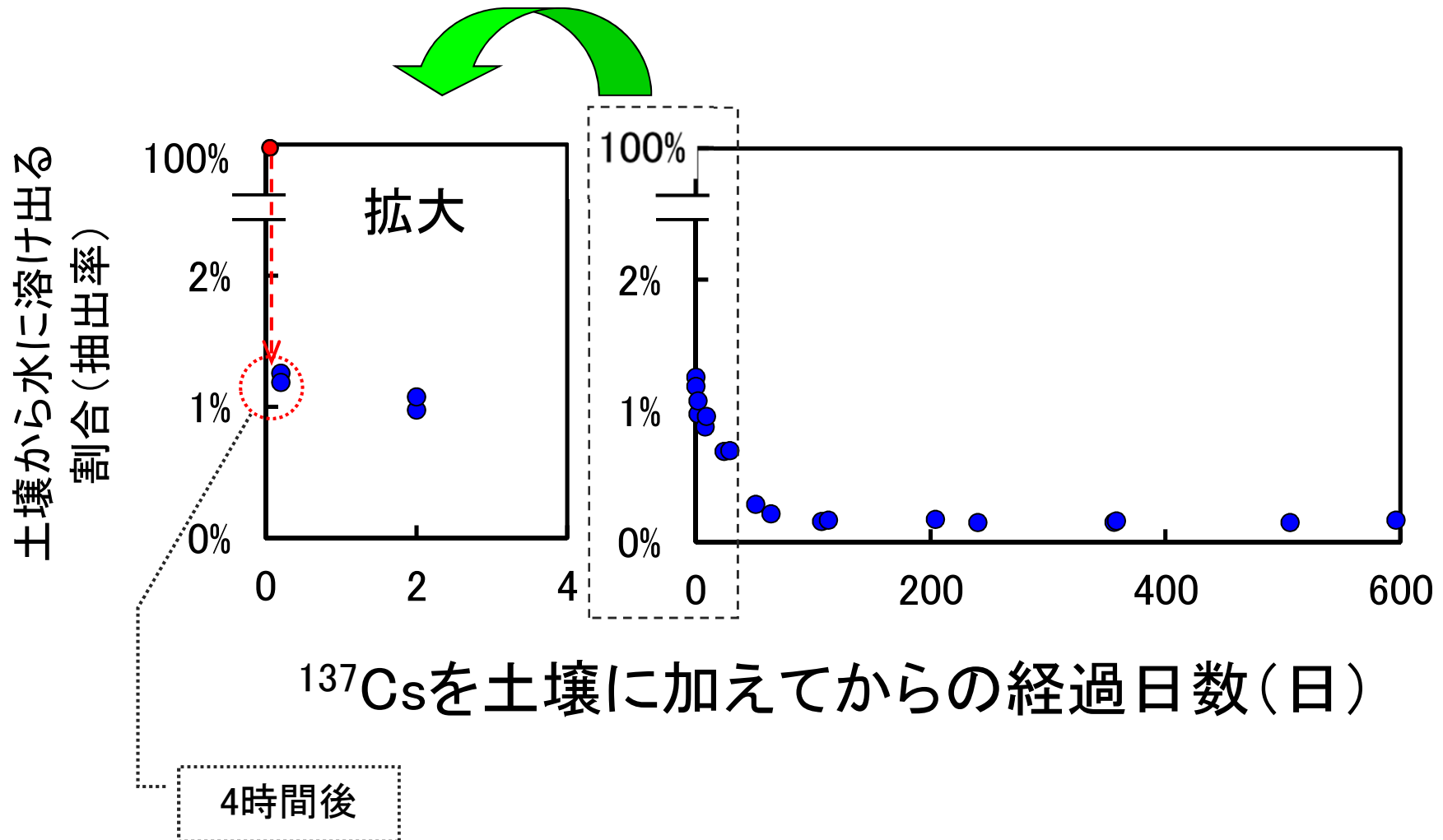


2012_6_28

日本放射線安全管理学会

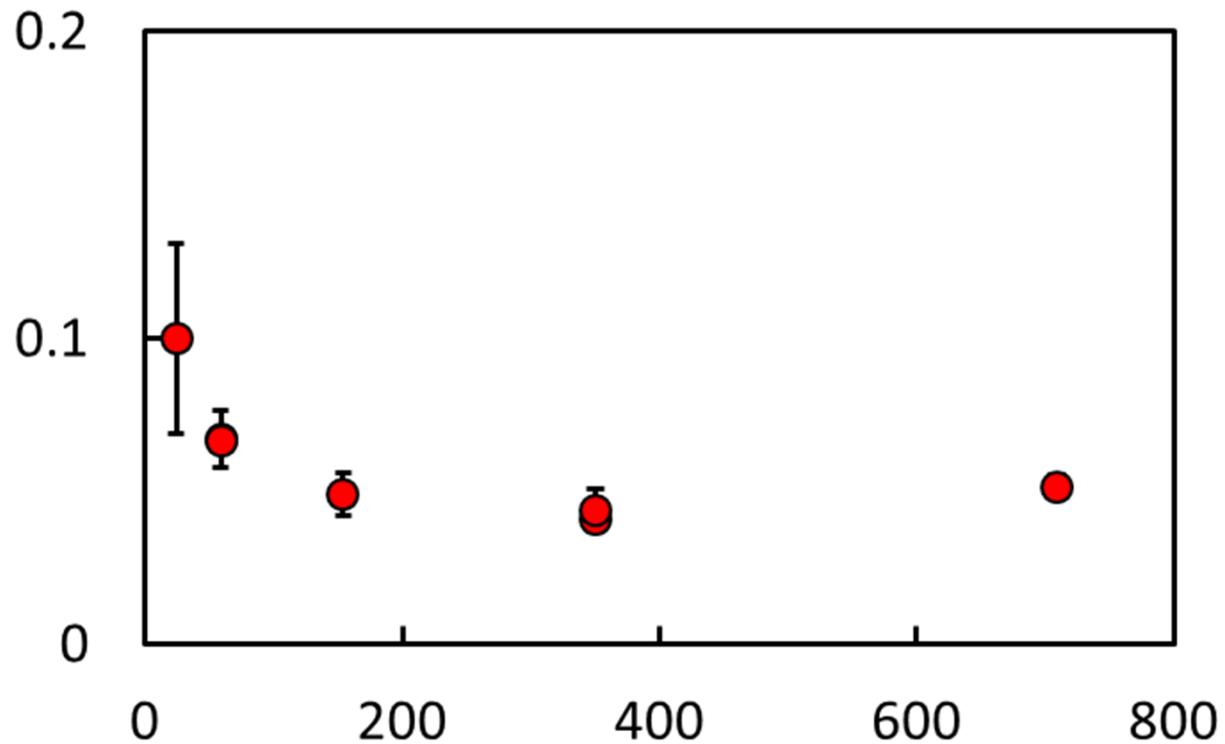
12

土壤から水に溶け出る ^{137}Cs の割合



土壌から植物への ^{137}Cs の 移行割合（移行係数）の変化

土壌から牧草への移行割合



放射性セシウムを土壌に添加してからの
経過時間(日)

土壌－農作物(可食部)の 移行係数(Transfer factor、TF)の定義

$$TF = \frac{\text{農作物中放射能濃度 (Bq/kg)}}{\text{土壌中放射能濃度 (Bq/kg)}}$$

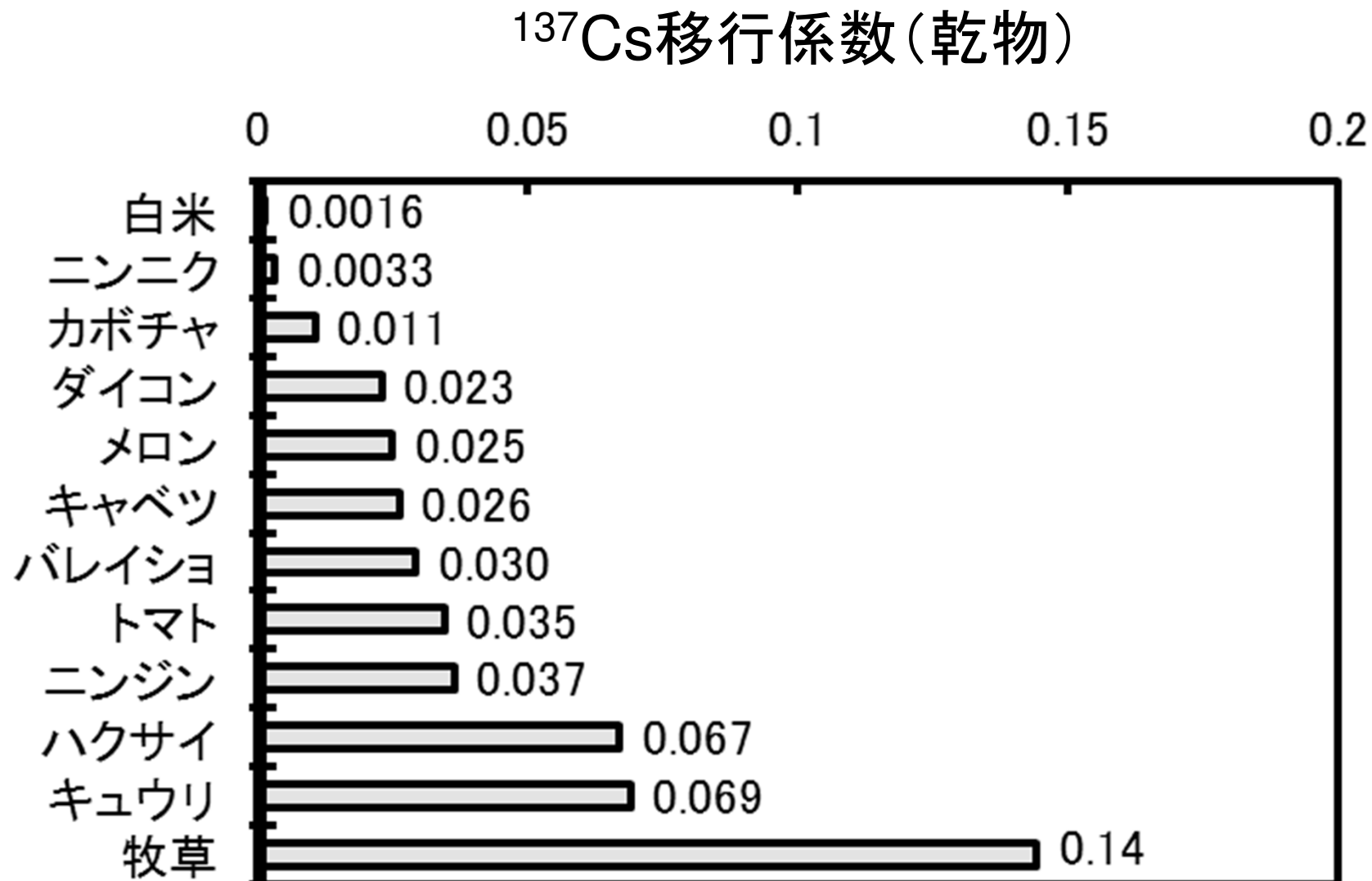
学術的には農作物中濃度を乾燥重量を基準として移行係数を表示する機会が多い。農林水産省のホームページなどでは、新鮮重量を基準として表示されているので、新鮮重量に対する乾燥重量割合で換算する必要がある。なお、土壌中濃度は乾燥重量を基準とする。

(例) 乾燥重量を基準とした移行係数が0.1で、乾燥重量割合が0.2の場合:

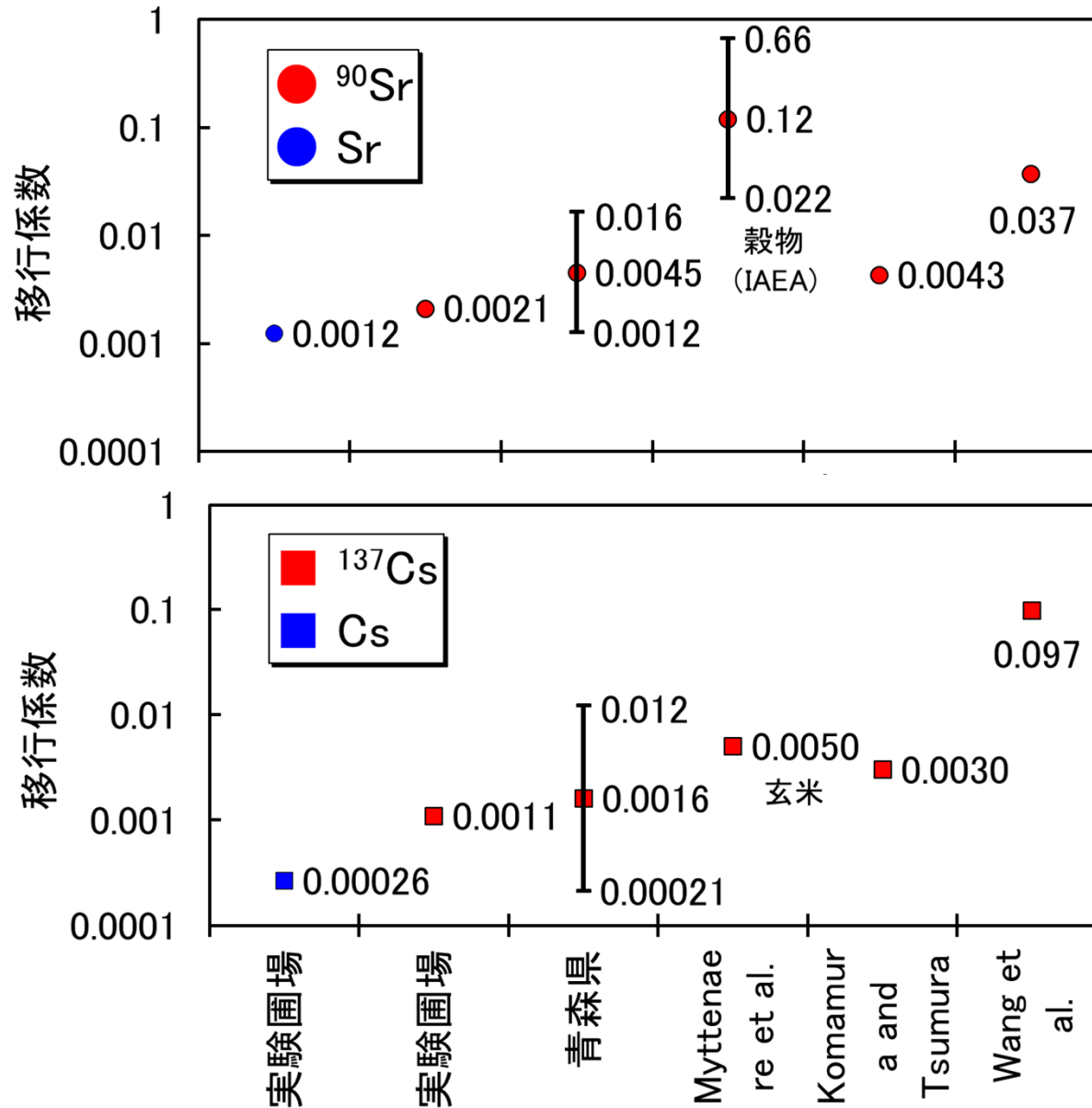
$$\text{新鮮重量の移行係数} = 0.1 \times 0.2 = 0.02$$

となり、新鮮重量から求めた移行係数は、乾燥重量の移行係数の5分の一となる。

土壌から農作物(可食部)への ^{137}Cs 移行係数



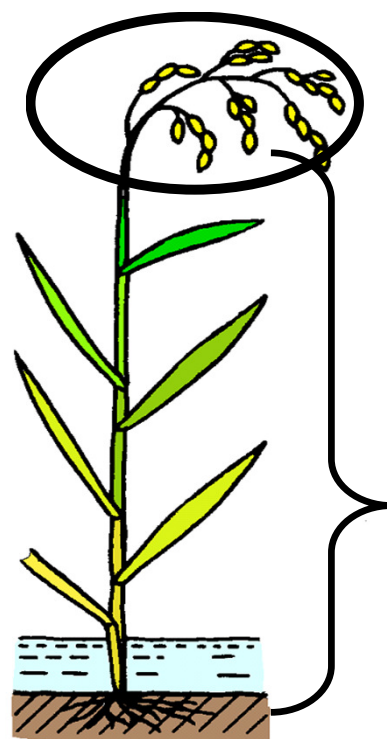
土壌—白米間の ^{90}Sr および ^{137}Cs の移行係数



福島原発事故前・後の作物(可食部、生)中 ^{137}Cs と ^{40}K 濃度

農作物	試料数	平均値	
		^{137}Cs	^{40}K
		Bq/kg 生	
米			
白米	20	0.022	19
根菜類			
ダイコン	13	0.028	64
ニンジン	9	0.042	114
バレイショ	26	0.11	116
葉茎菜類			
ハクサイ	6	0.074	68
キャベツ	8	0.038	66
ニンニク	14	0.019	157
果菜類			
キュウリ	11	0.040	66
カボチャ	6	0.017	115
トマト	21	0.032	71
果実的野菜			
メロン	8	0.060	89

イネの部位別利用



白米



ヌカ

モミガラ

ワラ

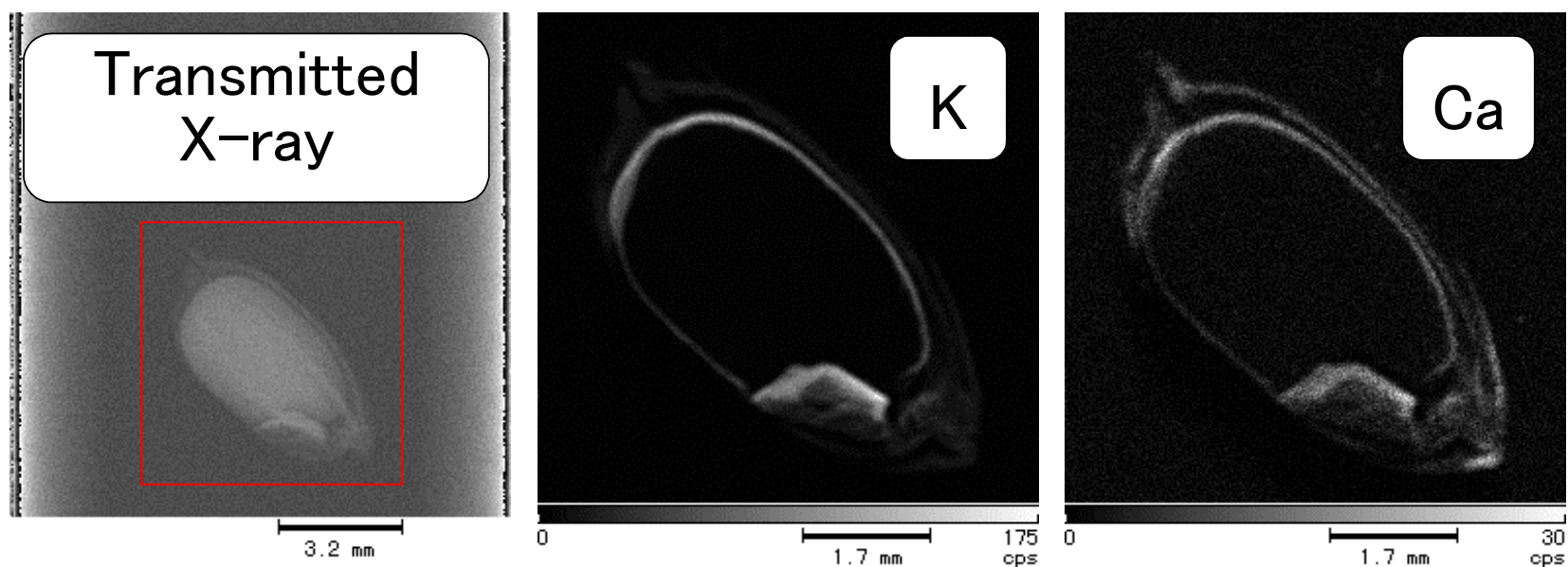
主食



飼料、堆肥

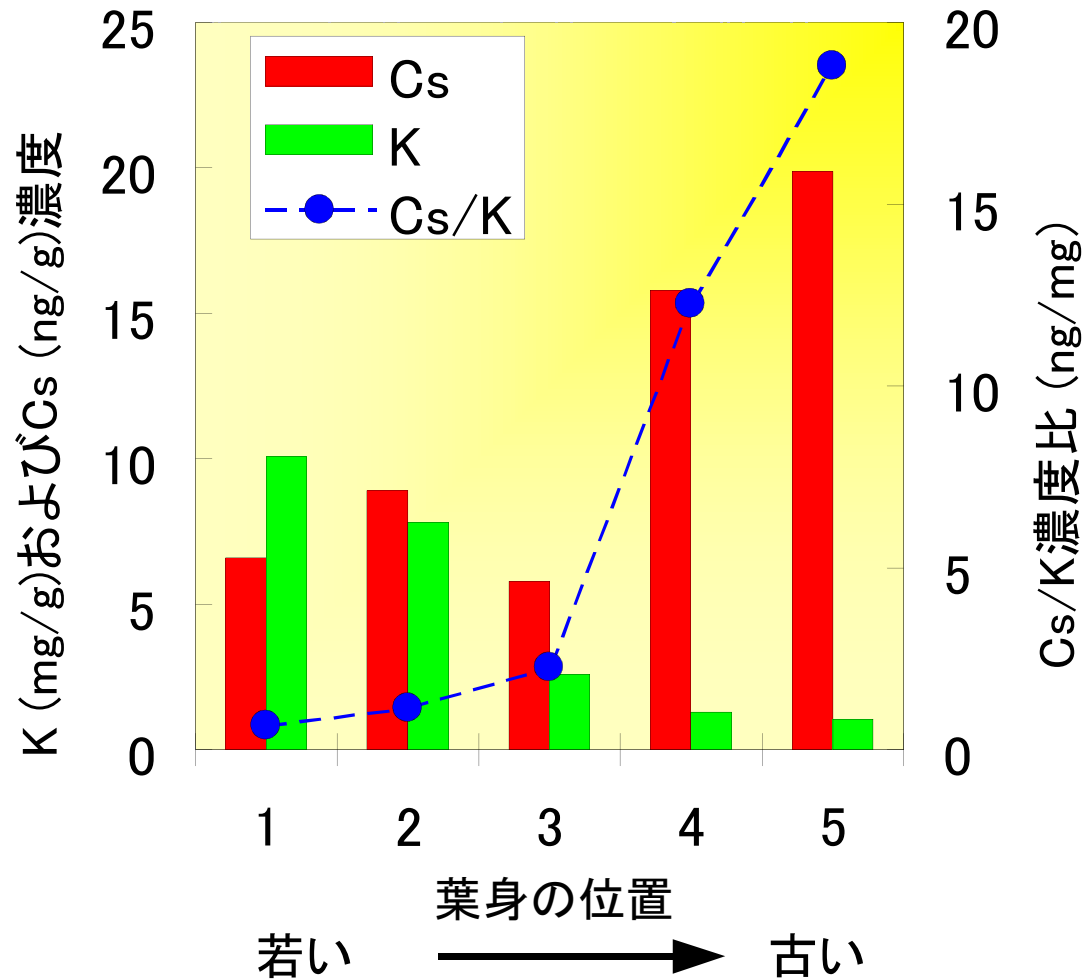
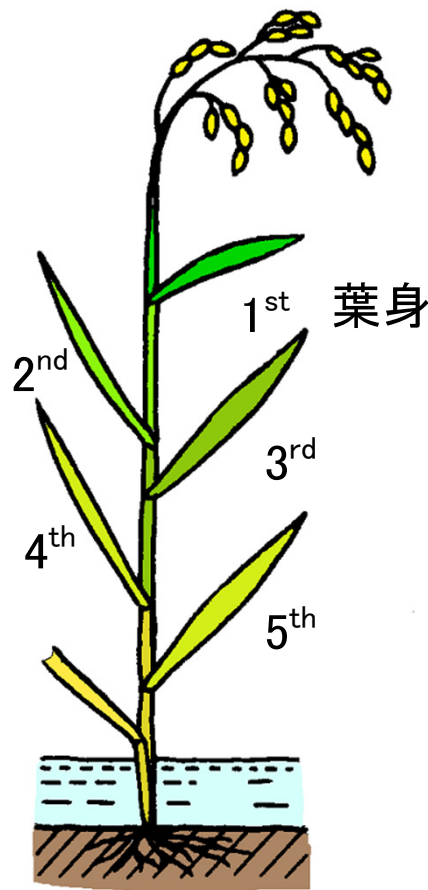
X線分析顕微鏡によるイネ種子部のX線透過図、 KおよびCa相対濃度

(白色部が濃度の高い部位)



イネ葉身中KおよびCs濃度分布

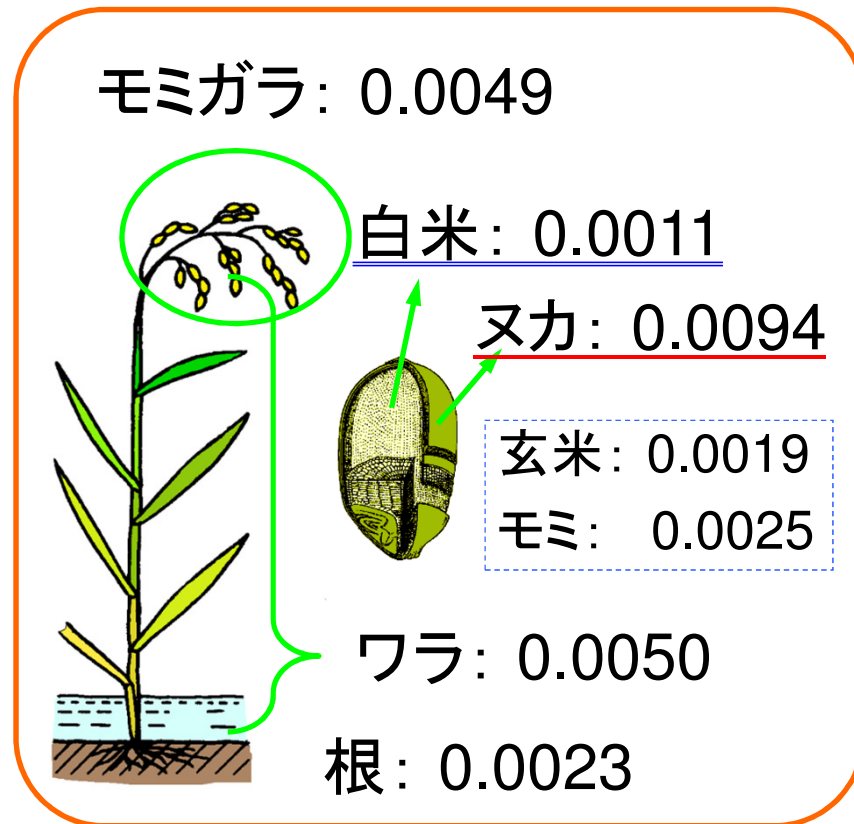
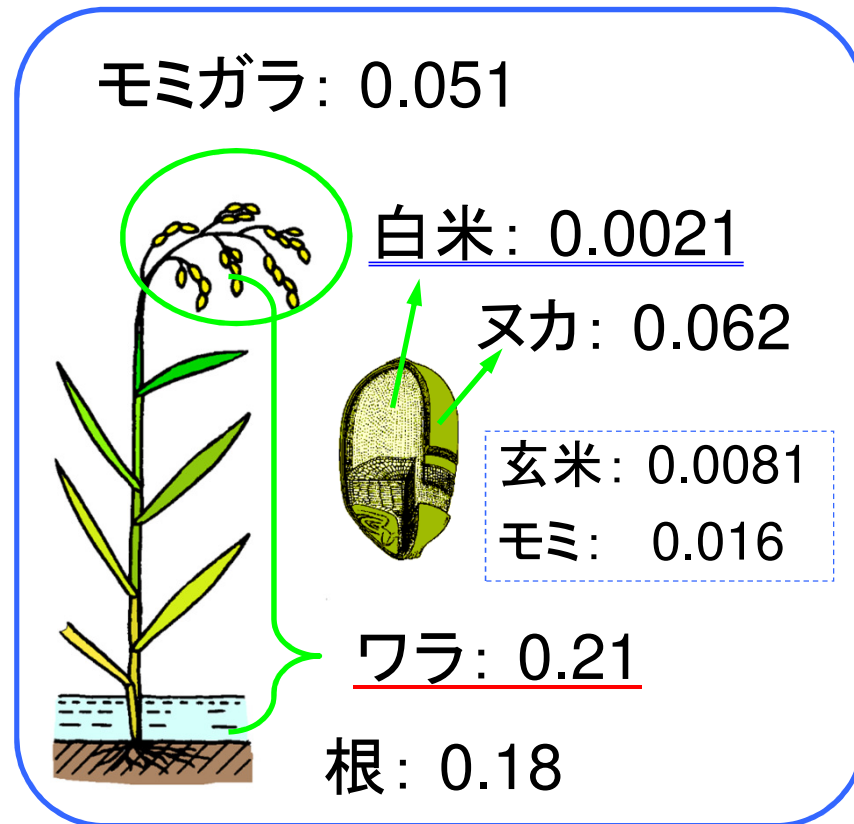
KとCsは同じアルカリ金属に属し、性質は比較的類似？



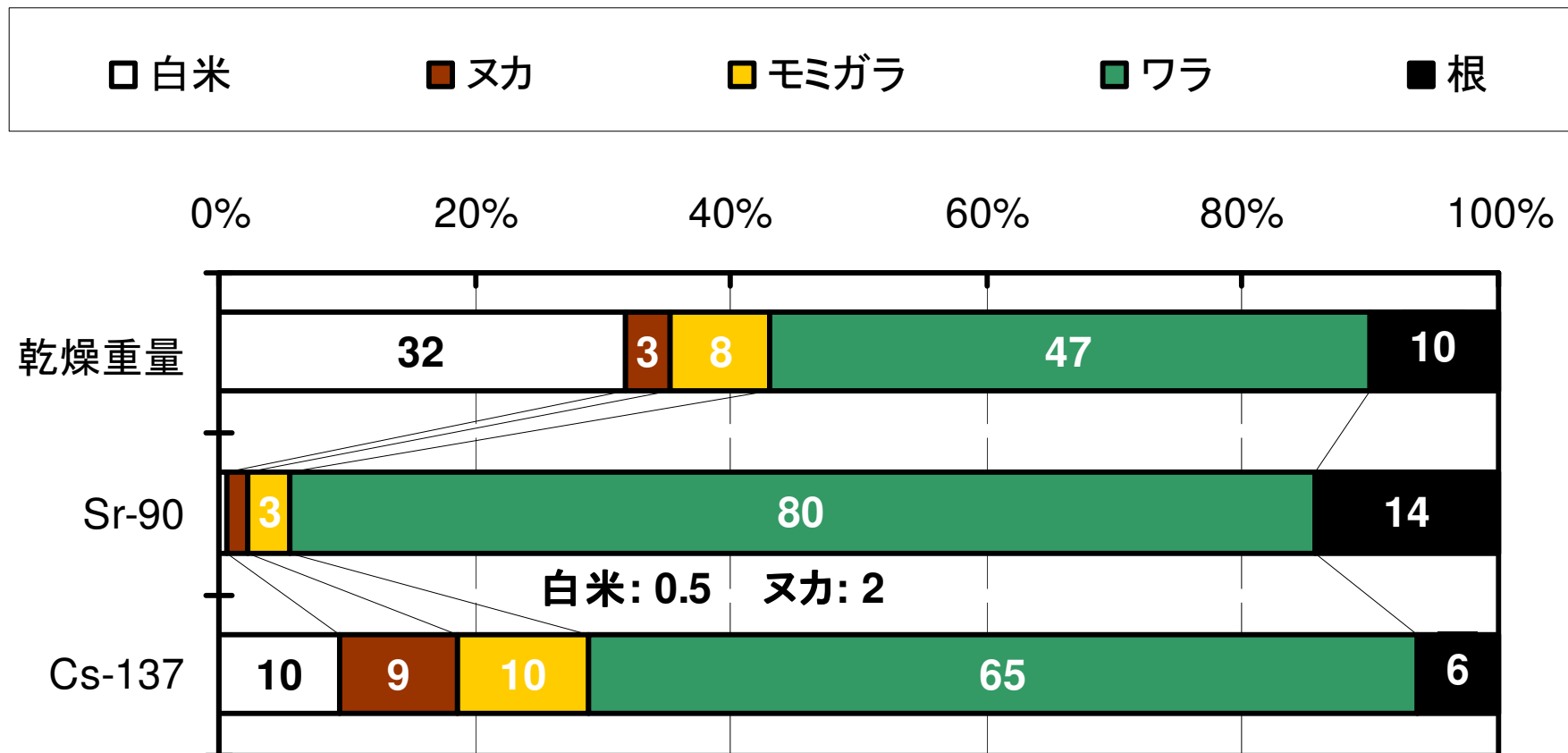
土壤中濃度を1.0とした時のイネの部位別 ^{90}Sr および ^{137}Cs 相対濃度

^{90}Sr

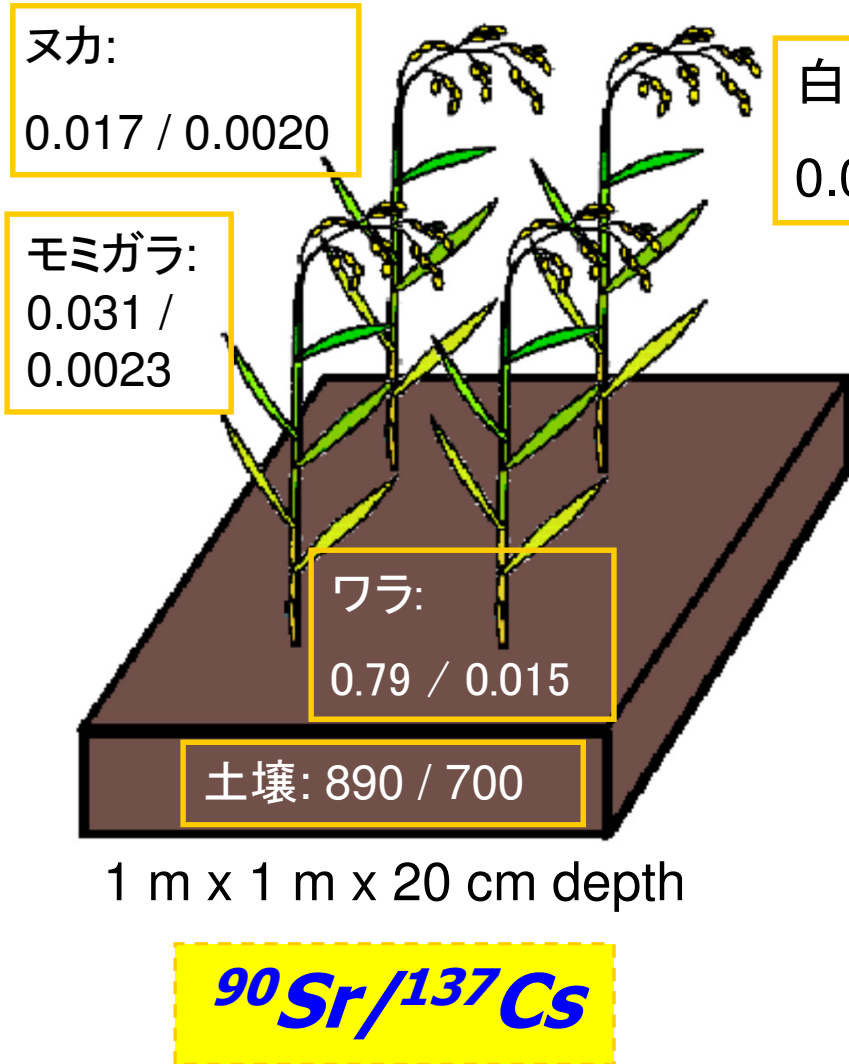
^{137}Cs



収穫時におけるイネ部位別の乾物重量、 ^{90}Sr および ^{137}Cs の存在割合



単位面積当たりの⁹⁰Srおよび¹³⁷Cs存在量 (Bq/m²)



白米:
0.0053 / 0.0021

玄米の収量; 0.5 (kg/m²)

除去率 (R)

$$R (\%) = \frac{C_b}{C_s} \times 100$$

C_b ; イネの部位別含量 (Bq/m²)

C_s ; 表層土壌の含量 (0-20 cm、
Bq/m²)

土壌表層からイネに吸収される ^{90}Sr および ^{137}Cs の割合(除去率)

試料	除去率 ^a	
	^{90}Sr	^{137}Cs
	%	
イネ部位別区分		
白米	0.00059	0.00031
ヌカ	0.0019	0.00029
モミガラ	0.0035	0.00033
ワラ	0.088	0.0021
地上部	0.094	0.0030

^a 表層土壌0~20cmから作物に移行する割合.

まとめ ^{137}Cs -

1. 土壌中での移動は遅かった。
2. 土壌中の細かな粒子(粘土)に多く含まれていた。
3. 土壌から作物への移行は、時間の経過に伴って減少した。
4. 農作物の種類、土壌の種類などによって移行率(移行係数)は異なった。
5. イネ中 ^{137}Cs 濃度は、部位によって約10倍の違いがあった。
6. 白米中 ^{137}Cs 濃度が部位の中で最も低く、移行係数は0.001であった。
7. 白米中 ^{137}Cs の存在割合はイネ全体の10%であった。白米を除く非可食部に90%が存在していた。
8. 表層土壌からイネ地上部へ移行する ^{137}Cs の除去率は、およそ0.003%であった。

暫定規制値を超えたイネについて

イネへの放射性セシウムの移行の特徴:

- ▶ 土壌からイネへの移行は低い
- ▶ 水からの移行率は高い(イネ以外にも、クレスンなど)
水からの移行 >> 土壌からの移行
- ▶ 陸稲に比べ水稲のイネ中濃度は高い

状況:

△ イネの暫定規制値を超えた水田は、山間部に多い

⇒ 森林から放射性セシウムを含む水が水田に供給された可能性がある。
または、森林の落ち葉、木片などから由来している可能性もある。

△ カリウム肥料の使用量が比較的少ない

⇒ 通常の圃場管理より極端に少ないカリウムの施用量であれば、セシウムの吸収率が高くなった可能性がある。

△ 根が浅い

⇒ 水中の放射性セシウムの吸収を促進する可能性がある。

ご清聴ありがとうございました。

最後に：無用な被ばくを低減化することは重要な課題であるが、数値に惑わされて過剰な対策をとるのではなく、科学的な知見を踏まえた対処が必要である。

秋の十和田湖

2012_6_28

日本放射線安全管理学会

Autumn in the Towada Hachimantai National Park in Aomori, Japan

28