

低濃度汚染土壌における 野菜への放射性核種の移行

東京大学 大学院農学生命科学研究科
大下誠一

共同研究者(東京大学大学院農学生命科学研究科)
安永円理子, 高田大輔, 田野井慶太郎, 川越義則, 中西友子,
久保田浩史, 市川健一郎

協力
福島県鮫川村役場(企画調整課:芳賀 亨, 農林課:鈴木庄悟)

汚染の経路

福島第一原子力発電所事故(2011年3月11日)

飛散した放射性物質(核種)の農産物への影響

➤放射性核種(セシウム)の移行

○**直接汚染経路** = 降下物として**作物に付着**

○**間接汚染経路** = 土壤に降下後、**根から吸収**
されて作物の**器官や細胞内小器官**に移行

現 状

- **(現場のデータが不足) + (過去の報告からの類推が難しい)**
→ 実際のデータを知りたい(情報の蓄積)
- **(野菜自体)または(土壌 + 野菜の組合せ)**
データが少ない
- **汚染の程度が低い地域で、放射性降下物が農産物に与える影響が分からない**

研究の内容

- 汚染度が低い2地点での、**農産物への放射性降下物および土壤中の放射性核種(移行)の影響**
- 耕作地(畑地)**土壤中の放射性核種濃度分布**

➤ **東京大学 大学院農学生命科学研究科附属
生態調和農学機構内の研究圃場
(東京都西東京市緑町1-1-1)**

➤ **福島県鮫川村**

放射性核種

➤ 放射性核種

セシウム134、セシウム137、天然のカリウム40を測定

・ゲルマニウム半導体検出器(ORTEC, セイコーEG&G)

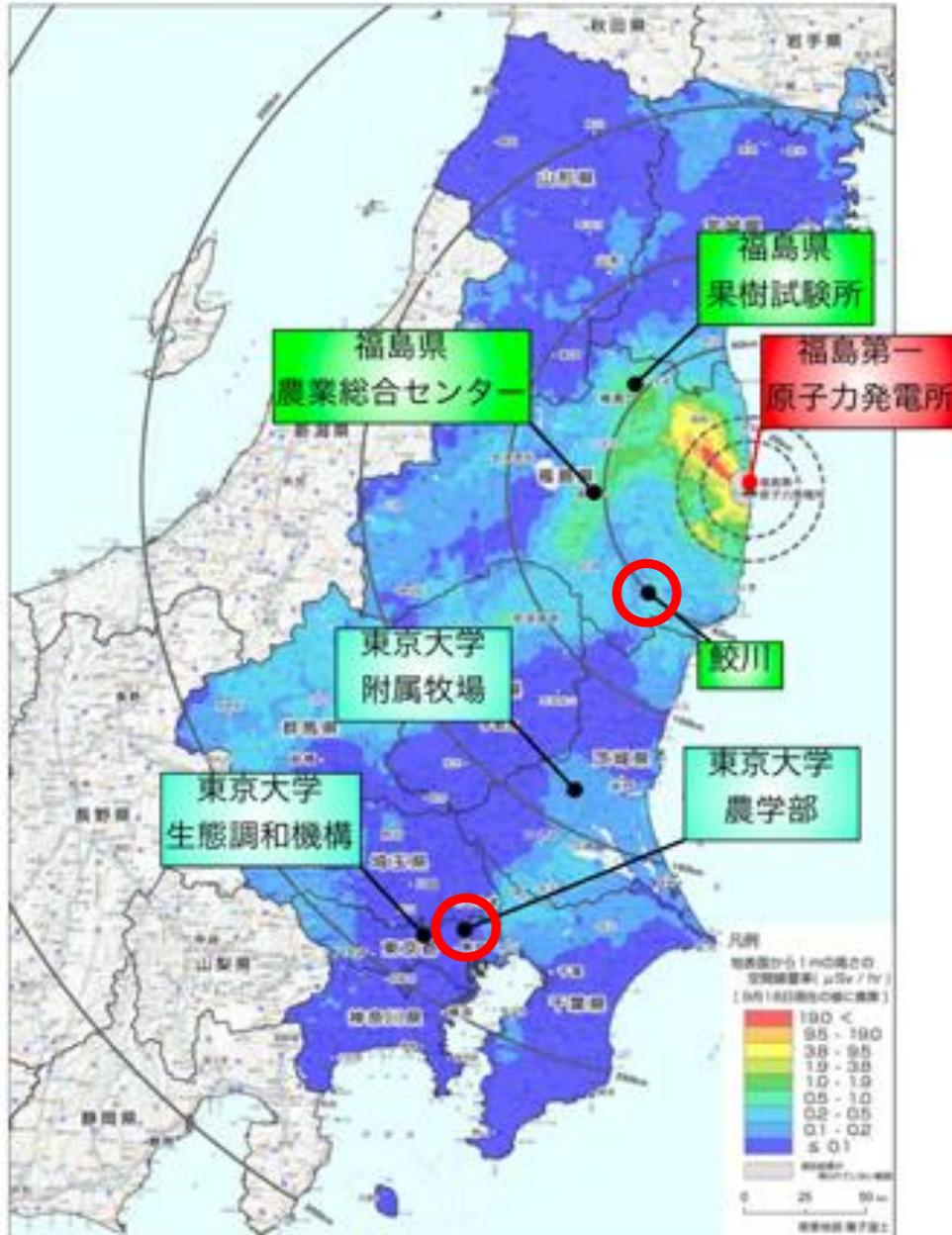
・**測定時間: 3,600秒**

(注)5/16採取のみ、野菜50,000秒、土壌18,000秒

対象とした野菜

キャベツ, ジャガイモ

文科省マッピング



原発との位置関係



鮫川村 サンプリング



鮫川村: 土壌中の放射性セシウム

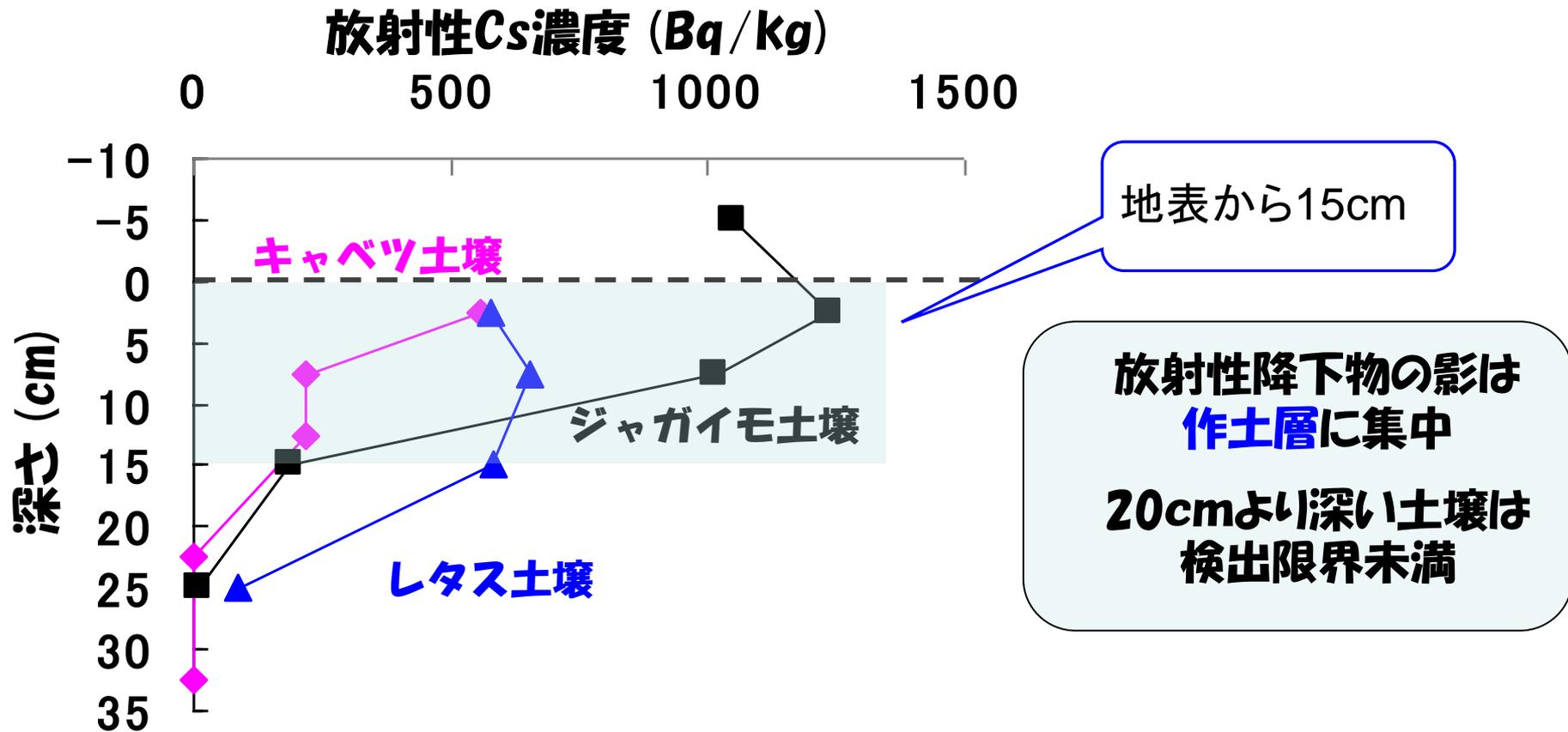


図1 土壌中の放射性Cs(鮫川村)

鯨川村：土壌中の天然の放射性カリウム

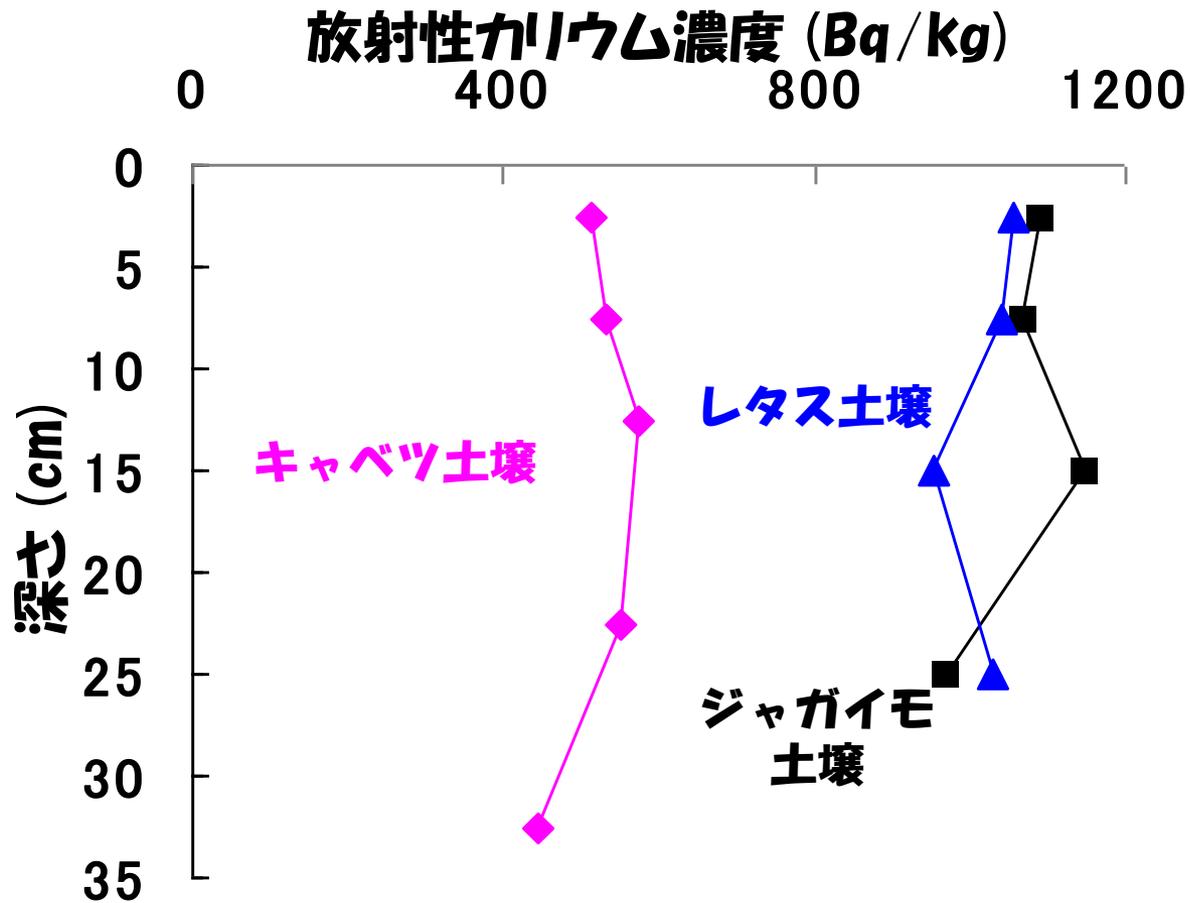


図2 土壌中の放射性カリウム

放射性核種	水分 %w.b.	濃度 (Bq/kg-wet weight)	検出限界 (Bq/kg-wet weight)
キャベツ可食部 (未洗浄), n=2			
セシウム $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	93.8	検出限界以下	5.35
カリウム K - 40		250.60	34.51
キャベツ可食部 (洗浄), n=2			
セシウム $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	93.3	検出限界以下	8.57
カリウム K - 40		265.77	48.90
キャベツ外葉 (洗浄), n=2			
セシウム $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	92.4	検出限界以下	7.12
カリウム K - 40		289.47	45.05
キャベツ根 (洗浄), n=4			
セシウム $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	88.5	検出限界以下	33.58
カリウム K - 40		検出限界以下	191.57

放射性セシウムとカリウム (鮫川村:キャベツ)

可食部: 検出限界以下

検出限界以下は
ゼロを意味しない

外葉、根も検出限界以下

放射性セシウムとカリウム (鮫川村:ジャガイモ)

放射性核種	水分 %w.b.	濃度 (Bq/kg-wet weight)	検出限界 (Bq/kg- wet weight)
-------	-------------	-----------------------------	--------------------------------

ジャガイモ塊茎			
セシウム $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	78.4	6.7	2.4
カリウム K - 40		305.1	13.7
ジャガイモ根			
セシウム $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	72.5	189.5	60.0
カリウム K - 40		326.0	315.9
ジャガイモ 茎+葉 (地上部)			
セシウム $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	79.2	111.4	10.2
カリウム K - 40		581.0	47.5

可食部に移行
(経根吸収)

土壌のCs-137濃度 583.2 Bq/kg
(-10から10cmの平均)

塊茎のCs-137濃度 3.32 Bq/kg

移行係数(TF)

TF = 0.0057

(農水省HPの定義に合わせた値)

東大附属研究圃場



定植後
75日



植え付け後
58日

放射性セシウムとカリウム (キャベツ, 東大研究圃場)

40日

51日

75日

			田無 (5/16)		田無 (5/27)			田無 (6/20)		
			水分	濃度	水分	濃度	検出限	水分	濃度	検出限
			%w.b.	(Bq/kg)	%w.b.	(Bq/kg)	(Bq/kg)	%w.b.	(Bq/kg)	(Bq/kg)
キャベツ	可食部 (洗浄)	セシウム134						不検出	0.7	
		セシウム137						不検出	0.8	
	K-40							76.9	10.1	
	可食部 (未洗浄)	セシウム134						不検出	0.4	
		セシウム137						不検出	0.4	
K-40							66.4	5.9		
外葉 (洗浄)	セシウム134	不検出				2.3	不検出	0.5		
	セシウム137	不検出		92.3	不検出	2.9	不検出	0.5		
K-40					135.4	29.4	94.6	7.8		
外葉 (未洗浄)	セシウム134	3.4				2.9	不検出	1.0	0.5	
	セシウム137	4.2		92.3	不検出	3.4	不検出	0.8	0.6	
K-40					133.3	34.9	101.8	8.1		
根(洗浄)	セシウム134					不検出	-	不検出	0.4	
	セシウム137					不検出	-	不検出	0.5	
K-40					134.1		58.0	8.3		
土壌(キャベツ)	セシウム134		42.3		102.2	7.6		59.4	10.1	
	セシウム137	27.3	52.9	34.4	132.0	9.1	38.8	82.6	11.6	
	K-40		286.6		190.6	71.8		195.7	106.5	

放射性セシウムとカリウム (ジャガイモ, 東大研究圃場)

47日

58日

82日

		田無 (5/16)		田無 (5/27)			田無 (6/20)		
		水分 %w.b.	濃度 (Bq/kg)	水分 %w.b.	濃度 (Bq/kg)	検出限 界 (Bq/kg)	水分 %w.b.	濃度 (Bq/kg)	検出限 界 (Bq/kg)
ジャガイモ	葉 (洗浄)		不検出 1.8	90	3.8 4.9 380.3	2.9 3.4 32.6			
	葉 (未洗浄)		4.3 4.5	90	不検出 不検出 不検出	6.0 8.5 77.9			
	根(洗浄)				不検出 不検出 508.7	- - 144.4	不検出 不検出 107.5	0.7 0.7 13.4	
	塊茎 (洗浄)				1.2 2.4 338.3	1.8 2.1 18.9	不検出 不検出 151.2	0.3 0.3 8.2	
土壌	ジャガイモ	Cs-134 Cs-137 K-40	25.9 57.2 73.3 265.0	32.3	65.4 101.5 185.3	7.5 8.8 68.7	10.3	34.4 51.0 180.00	4.5 4.6 47.5

放射性セシウムとカリウム (測定値の検証)

			47日			58日			82日		
			田無 (5/16)			田無 (5/27)			田無 (6/20)		
			水分	濃度		水分	濃度	検出限	水分	濃度	検出限
			%w.b.	(Bq/kg)		%w.b.	(Bq/kg)	(Bq/kg)	%w.b.	(Bq/kg)	(Bq/kg)
キャベツ	可食部 (洗浄)	セシウム134								不検出	0.7
		セシウム137								不検出	0.8
		K-40					65Bq/kg生重			76.9	10.1
ジャガイモ	塊茎 (洗浄)	セシウム134					1.2	1.8		不検出	0.3
		セシウム137					2.4	2.1		不検出	0.3
		K-40					338.3	18.9		151.2	8.2
土壌(ジャガイモ)		Cs-134		57.2			65.4	7.5		34.4	4.5
		Cs-137	25.9	73.3		32.3	101.5	8.8	10.3	51.0	4.6
		K-40		265.0			185.3	68.7		180.00	47.5

ジャガイモ可食部: カリウム含量450mg/100g生重 = **4.5g/kg生重** (食品成分表より)

放射性カリウム濃度 = 31Bq/g, 31Bq/g × 4.5g/kg生重 = **140Bq/kg生重**

カリウム(K⁺): 生育初期はK⁺, 後期は糖で浸透圧調節

大部分が塊茎に含まれ、肥大や同化産物の転流に最重要

まとめ

- (1) 野菜地上部には土壤中の放射性セシウム濃度に対応して、放射性降下物の影響が認められた。**
 - (2) 放射性セシウムが約1,000 Bq/kgの畑地で、ジャガイモ塊茎および根への移行が認められ、可食部(塊茎)への移行係数 0.0057 が算出された。**
 - (3) 放射性セシウムによる土壤汚染は作土層の範囲内であった。**
- (*) (検出限界以下)は、放射性物質がゼロではなく、検出限界を越える濃度でないことを意味する。**

ご清聴ありがとうございました。

Thank you for your attention.

○飲食物摂取制限に関する指標

核種	原子力施設等の防災対策に係る指針における 摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種： ^{131}I)	飲料水	300
	牛乳・乳製品 注)	
	野菜類 (根菜、芋類を除く。)	2,000
放射性セシウム	飲料水	200
	牛乳・乳製品	
	野菜類	500
	穀類	
	肉・卵・魚・その他	
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm 放射能濃度の 合計)	乳幼児用食品	1
	飲料水	
	牛乳・乳製品	
	野菜類	10
	穀物	
	肉・卵・魚・その他	

注) 100 Bq/kg を超えるものは、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

(既往の研究)

放射性核種の土壌中や土壌-植物系(水稲)の挙動 (津村昭人, 他2名, 1984)

経根吸収の抑制: **Sr-90, Cs-137の抑制**(珪酸塩類, **大谷石粉末**)
(米沢茂人, 三井進午, 1965)

土壌(茨城県東海村のAndosol: 黒ボク)から葉菜(**キャベツ, コマツナ, ホウレンソウ, レタス**)への移行係数 (**TF of Cs-137: 0.055~0.17: ¹³⁷CsCl 490kBq/pot**)
(Ban-nai, T. et al., 1995)

日本各地の10種の土壌を用いた場合の、土壌からダイコンの根や葉への移行係数
(**TF of Cs-137: 0.0014~0.064: ¹³⁷CsCl 2500, 200kBq/pot**)
(**No correlation between TFs of Cs and K in soils**)
(Ban-nai, T. and Muramatsu, Y., 2002)

模擬的な放射性降下物の添加や野菜や果物による放射性核種の吸収、洗浄を含む
種々の処理による除去 (**removal of 60-95%**) (Ralls, J. W. et al., , 1971)

ブドウの葉に放射性核種を含む溶液を塗布した場合の、器官や土壌への移行
(Zehnder, H. J. et al., 1995)

いずれもキャリアフリーの放射性核種を用いたトレーサ法。
チェルノブイリ事故に伴う放射性降下物: IAEAの報告(2006)を始め、多数。

空間放射線量(鮫川村)

5000型サーベイメータ (Health Physics Instruments)

鮫川村役場(標高420m) 採取日2011年7月18日

		畑(住所)大字 赤坂東野字大 石草	畑(住所)大字 富田字前沼	畑(住所)東 赤坂西野上	
位置			レタス (バークレイ) 14a	ジャガイモ (キタアカリ) 3a	キャベツ (シキドリ)
			μ Sv/h	μ Sv/h	μ Sv/h
畑入り口	地表5cm	0.507	0.453	0.500	
	10cm	0.503	0.437	0.513	
	30cm	0.502	0.441	0.503	
畑(場所A)	地表5cm	0.478	0.427	0.514	
	10cm	0.481	0.437	0.508	
	30cm	0.458	0.423	0.521	
畑(場所B)	地表5cm	0.466		0.480	
	10cm	0.45		0.466	
	30cm	0.458		0.480	
周囲の草	地表5cm	0.582	0.462	0.594	
	10cm	0.545	0.477		
	30cm	0.59	0.466		