

おける海洋生物中の放射性核種について、
Proceedings of the Workshop on Environmental
Radioactivity (KEK Proceedings), 261-264、
2013.

Proceedings of the 15th Workshop on
Environmental Radioactivity (KEK proceedings),
2014-7, 206-209, 2014.

5. 青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡,
伊藤友加里, 石丸隆, 神田穰太, 早乙女忠
弘: 福島沿岸域における海水とプランクトン試
料中の放射性 Cs の濃度変動 について,

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

I. 健康危険情報

なし

表 1 TEPCO FDNPS 20km圏内の海域で採取した魚介類

(1) 平成25年11月6日に南相馬郡小高区村上沖合で採取した魚介類

魚種名	数	平均全長(mm)	平均重量(kg)
ヒラメ	5	546	1.60
イシガレイ	2	425	0.95
コモンカスベ	5	502	1.10
ケムシカジカ	8	366	1.04
ガザミ	7	184	0.38

(2) 平成25年11月13日に檜葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種名	数	平均全長(mm)	平均重量(kg)
ヒラメ	5	536	1.50
アイナメ	10	345	0.52
コモンカスベ	10	466	0.83
ブリ	7	391	0.63
ニベ	28	281	0.25
トラザメ	5	423	0.35

(3) 平成26年11月24日に檜葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種名	試料数	平均全長(mm)	平均重量(g)
ガザミ	6	180	318
カツオ	1	344	775
コモンカスベ	4	461	847

(4) 平成26年11月28日に相馬沖合で採取した魚介類

魚種名	試料数	平均全長(mm)	平均重量(g)
サバ	8	328	383

(5) 平成27年1月29日に檜葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種名	試料数	平均全長(mm)	平均重量(g)
コモンカスベ	6	485	903
アイナメ	6	358	492
ヒラメ	2	595	2308
マコカレイ	1	430	1066
ババカレイ	1	416	832

表 2 TEPCO FDNPS 30km圏内の海域で採取した魚介類中の放射性核種濃度

(1) 平成25年11月6日に南相馬郡小高区村上沖合で採取した魚介類

魚種名	筋肉 Bq/kg-生重量				アラ Bq/kg-生重量			
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
ヒラメ	18.51	47.50	66.01	417.14	2.87	7.26	10.13	85.47
イシガレイ	4.54	9.84	14.38	133.20	1.58	4.20	5.78	80.97
コモンカスベ	20.64	47.01	67.65	98.18	13.82	31.43	45.25	75.97
ケムシカジカ	10.38	23.94	34.32	127.92	2.35	5.74	8.09	76.00
ガザミ	0.22	0.53	0.75	97.98	-	-	-	-

(2) 平成25年11月13日に楢葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種名	筋肉 Bq/kg-生重量				アラ Bq/kg-生重量			
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
ヒラメ	18.80	46.74	65.54	159.79	5.18	12.22	17.40	76.66
アイナメ	11.23	27.93	39.16	135.38	-	-	-	-
コモンカスベ	29.84	79.13	108.97	86.35	14.11	37.49	51.60	76.26
ブリ	2.15	5.01	7.16	140.55	-	-	-	-
ニベ	3.25	7.73	10.98	124.58	-	-	-	-
トラザメ	4.12	9.54	13.66	93.38	0.70	1.68	2.38	53.44

表 3 TEPCO-FDNPS 30km圏内の海域で採取した魚介類の放射性核種濃度

(1) 平成26年11月24日に楢葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種	部位	試料数*	Cs-134		Cs-137		K-40 (Bq/Kg-生重量)	
			平均値	±error	平均値	±error	平均値	±error
ガザミ	可食部	3	< 0.05		0.09	0.01	18.14	3.07
ガザミ	内臓部	1	0.12	0.02	0.39	0.02	10.08	0.35
カツオ	可食部	1	0.14	0.01	0.56	0.01	38.91	0.41
カツオ	アラ部	1	0.07	0.02	0.31	0.02	24.75	0.49
コモンカスベ	可食部	4	2.11	0.92	6.51	2.85	16.92	0.52
コモンカスベ	アラ部	4	1.35	0.59	4.20	1.85	13.50	1.11

(2) 平成26年11月28日に相馬沖合で採取した魚介類

魚種	部位	試料数	Cs-134		Cs-137		K-40 (Bq/Kg-生重量)	
			平均値	±error	平均値	±error	平均値	±error
サバ	可食部	7	< 0.05		0.08	0.04	34.53	2.20
サバ	アラ部	7	< 0.05		< 0.05		24.49	0.90

(3) 平成27年1月29日に楢葉町木戸川沖合で採取した魚介類

魚種	部位	試料数*	Cs-134		Cs-137		K-40 (Bq/Kg-生重量)	
			平均値	±error	平均値	±error	平均値	±error
コモンカスベ	可食部	6	1.34	0.94	4.35	3.03	10.86	2.38
アイナメ	可食部	6	0.78	0.21	2.51	0.68	27.63	2.87
ヒラメ	可食部	2	0.42	0.22	1.42	0.75	31.87	2.14
マコカレイ	可食部	1	1.37	0.02	4.46	0.03	24.23	0.28
ババカレイ	可食部	1	4.22	0.03	13.49	0.05	20.85	0.25

*試料数が1の場合は、実測値±計測誤差である。

表 4 水産物およびその加工品中の放射性核種濃度

			Cs-134	Cs-137	K-40
福島県小名浜市			Bq/kg-wet		
さんま	なま	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	103.4
	なま	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	135.4
			Bq/kg-dry		
さんま	丸干し	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	183.2
	丸干し	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	135.4
福島県小名浜市			Bq/kg-wet		
さんま	なま	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	103.4
	なま	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	205.4
			Bq/kg-dry		
さんま	開き	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	213.3
	開き	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	162.2
茨城県ひたちなか市			Bq/kg-wet		
さんま	なま	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	93.3
	なま	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	61.0
			Bq/kg-dry		
さんま	開き	可食部	検出下限値以下	検出下限値以下	108.1
	開き	アラ	検出下限値以下	検出下限値以下	134.8

* 検出下限値以下: 4Bq/kg-wet または 4Bq/kg-dry 以下

表 5 調理加工に伴う魚類可食部中の放射性セシウム濃度の変動

採取海域	魚種名	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs			⁴⁰ K		
		生試料 Bq/kg-生	調理後試料 Bq/kg-生	低減率 %	生試料 Bq/kg-生	調理後試料 Bq/kg-生	低減率 %
南相馬	ヒラメ	66.01	18.75	28	417.14	104.40	25
	イシガレイ	14.38	7.88	55	133.20	67.08	50
	コモンカスベ	67.65	40.92	60	98.18	75.28	77
	ケムシカジカ	34.32	19.76	58	127.92	71.54	56
	ガザミ	0.75	0.40	53	97.98	36.73	37
檜葉町	アイナメ	39.16	22.51	57	135.38	82.74	61
	ブリ	7.16	2.57	36	140.55	42.93	31
	ニベ	10.98	6.87	63	124.58	67.52	54

表 6 流通する魚介類可食部中の調理加工に伴う放射性核種濃度の変動

放射性核種		$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$			^{40}K		
採取海域	魚種名	生試料	調理後試料	低減率*	生試料	調理後試料	低減率*
		Bq/kg-生	Bq/kg-生	%	Bq/kg-生	Bq/kg-生	%
福島沖	ホッキ貝	0.68	0.31	45.6	100.10	29.15	29.1
	サンマ 可食部	<0.05	<0.05	-	73.73	2.44	3.3
	サンマ 内臓部	<0.05	<0.05	-	52.21	4.23	8.1
	サンマ アラ部	<0.05	<0.05	-	65.97	5.39	8.2

*低減率: 生重量時の濃度に対する調理後の濃度の割合

表 7 生シイタケと乾燥シイタケ中の放射性核種濃度

生シイタケ(生シイタケ重量当たりの放射能)

	Cs-134		Cs-137		K-40
	Bq/kg	err	Bq/kg	err	Bq/kg
平成24年1月16日 生シイタケ					
試料-1-1	130	7	261	9	< 128
試料-1-2	131	8	251	12	< 149
試料-1-3	132	2	235	2	< 36
試料-1(平均)	131	1	249	13	
試料-2	188	10	285	13	< 173
試料-3	149	9	301	13	< 177
平均	154	29	277	27	
平成25年1月23日 生シイタケ					
試料-1	190	10	345	14	< 159
試料-2	98	8	181	11	< 159
試料-3	155	7	290	9	< 140
平均	142	46	262	84	
平成24年1月6日 生シイタケ					
試料-1	557	12	1001	16	< 103
試料-2	1850	32	3118	42	< 168
試料-3	555	24	1002	33	< 239
平均	830	747	1463	1222	

乾燥シイタケ(乾燥シイタケ重量当たりの放射能)

	Cs-134		Cs-137		K-40	
	Bq/kg	err	Bq/kg	err	Bq/kg	err
平成24年1月16日 生シイタケ						
試料-1	1994	44	3343	33	< 318	
試料-2	1470	54	2524	71	< 295	
試料-3	1515	54	2675	71	< 305	
平均	1644	290	2826	436		
平成25年1月23日 生シイタケ						
試料-1	1503	51	2702	70	< 381	
試料-2	1586	53	2996	75	< 486	
試料-3	1552	53	2850	79	< 422	
平均	1547	42	2847	147		
平成24年1月6日 生シイタケ						
試料-1	4503	63	8303	83	716	117
試料-2	3335	52	5900	67	651	113
試料-3	4469	65	7865	85	714	133
平均	4064	665	7276	1280	693	37

表 8 乾燥シイタケへの加工に伴うCs-137の濃縮割合

	乾燥濃度/生濃度 Activity ratio
平成24年1月16日	10.2
平成25年1月23日	10.9
平成24年1月6日	5.0

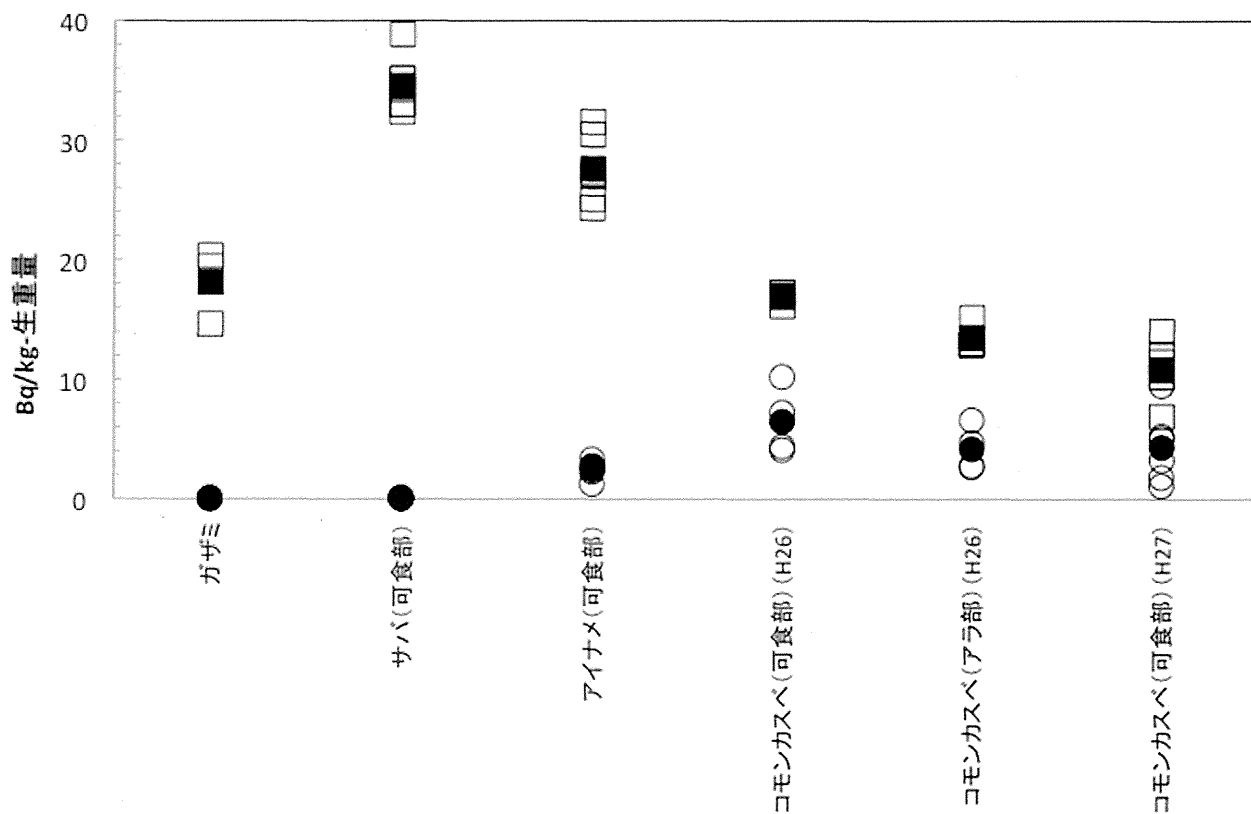


図 1 同一魚種の個体毎の¹³⁷Cs及び⁴⁰K濃度差について。

○：¹³⁷Cs濃度、●：¹³⁷Cs平均濃度、□：⁴⁰K濃度、■：⁴⁰K平均濃度

厚生労働科学研究費補助金

(厚生労働科学特別研究事業)

農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究 分担研究報告

分担研究者 塚田 祥文 福島大学 環境放射能研究所

兼うつくしまふくしま未来支援センター

研究要旨

東京電力(株)福島第一原子力発電所(FD1NPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、平成24年4月以降の長期的な状況に適用された飲食物中放射性核種濃度の基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」については100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」については、より安全側に50 Bq/kgとすることが妥当であると考えられた。この基準値の導出には、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性Cs以外の核種の寄与も考慮されている。本研究では、福島県内で生産された農作物を購入し、その放射性Cs濃度及びストロンチウム-90(⁹⁰Sr)濃度等を測定することにより、基準値の設定に用いられた放射性核種の移行評価及びその結果導出された核種濃度比の妥当性について検討し、基準値の導出が適当であったことを確認した。また、作物中プルトニウム(Pu)については、その濃度が低いために、精度の高いプルトニウム-240(²⁴⁰Pu)/プルトニウム-239(²³⁹Pu)原子数比を求めることができなかった。そこで土壤中²⁴⁰Pu/²³⁹Pu原子数比を測定した結果、帰還困難区域内外とも、大気圏核実験由来の原子数比と同様であり、本事故由来によるPuの寄与は確認できなかった。また、地域住民にとって季節的な作物として流通する山菜や野獣肉については、灰汁抜き、血抜き等の調理加工による低減化率を求めたところ、作物種によって低減化率は異なるが、多くが減少した。また、イノシシ肉は血抜きによって80%の放射性Csが減少した。

A. 研究目的

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会は、東京電力(株)福島第一原子力発電所(FD1NPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、平成24年4月以降の長期的な状況に適用する食品中の放射性物質の基準値について、合理的に達成できる限り線量を低く保つという考えに立ち、より

一層、国民の安全・安心を確保する観点から、介入線量レベルを年間1mSvに引き下げた。この線量に相当する食品中放射性核種について、放射性セシウム(Cs)、ストロンチウム-90(⁹⁰Sr)、ルテニウム-106(¹⁰⁶Ru)及びプルトニウム(Pu)を考慮した放射性セシウム(Cs)の限度値を導出することにより、基準値を設定した。その際、農畜産物等への

放射性核種の移行評価を行うことにより、食品の摂取に起因する内部被ばく線量評価を実施した。その結果、限度値が最も小さくなるのは、1年目における13-18歳(男)であり、想定外の食品摂取をしても安全が確保できるよう、介入線量に一定の余裕を持たすため、基準値は、この値を安全側に切り下げて100 Bq/kgと設定した。また、「乳児用食品」及び「牛乳」については、流通する全ての食品が基準値上限の放射性物質が含まれるとしても影響がないよう、より安全側に50 Bq/kgの基準値を設定した。

基準値の設定にあたっては、最も内部被ばく線量に対する影響が大きいと推定され、迅速にかつ比較的容易に多数の食品について測定可能な放射性Csを対象とした。放射性Cs以外の核種の影響については、検査の実効性を確保する観点から、放射性Csによる被ばく線量に対する当該放射性核種の被ばく線量の比を推定することにより管理し、放射性Cs濃度で規制を行うこととした。このため、食品の摂取による内部被ばくに対する放射性Csの寄与について評価を実施した。すなわち、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性Csに対する基準値に反映させた。食品中の放射性核種濃度比は、土壤中放射性核種濃度の比や、環境移行モデル及びパラメータにより推定した。

そのため本研究は、市場流通している農畜産物から、福島県産に限定して作物中の放射性核種濃度等を測定し、その測定結果を比較検討することにより、基準値の導出の際に評価した放射性Csに対する核種濃度比の妥当性について検討した。あわせて、事故前には地域住民にとって季節の作物として食されていた山菜や野獣肉は、

一般に調理加工の後食されることから、これら食品にも着目し、調理加工に伴う放射性Csの低減割合を求めた。

B. 研究方法

1. 農作物と土壌試料並びに野獣肉の採取

本研究で対象とする試料は、福島県内で生産及び採取された農畜産物とした。市場に流通している農作物は、福島県内の商店等で、福島県産品であることを確認した上で購入した。また、大熊町の試験圃場で栽培した農作物についても採取した。更に、これら農作物を採取した圃場から土壌も採取し、分析試料とした。農作物と土壌試料の採取場所と日時を表1に示した。

山菜は、伊達市小国で2014年5月～6月に「放射能からきれいな小国を取り戻す会」で採取した試料を提供いただいた。採取した山菜試料は、タケノコ(モウソウダケ、ハチク、カラタケ)、コシアブラ、タラノメ、ワラビ、フキ、コゴミの8試料である。野獣肉については、駆除対象となり捕獲されたイノシシ肉を福島市及び浪江町から入手した(表2)。

2. 試料の前処理

2.1 土壌試料

採取した土壌試料は、50℃で約1週間乾燥後、2 mmの篩を通し、十分に混合して分析用試料とした。Pu分析試料についてはメノウ乳鉢で微粉砕した。

2.2 ⁹⁰Sr分析用農作物試料

採取した約30 kgの農作物を洗浄し、皮むき等で可食部とした後、105℃で約1週間乾燥した。その後、450℃以下で灰化、粉碎し均一な試料

を作製した。

2.3 山菜試料

・タケノコ

採取試料を水洗いし、付着した土壌を取り除いた後、水分を拭き取り外皮を排除し3等分(a、b、c)に分割した。

a) 未処理:表皮を排除し、賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

b) とぎ汁灰汁抜き:外皮を排除したタケノコにコメのとぎ汁が浸るようにし、約1時間茹でた。その後、表皮を排除し、賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

c) ヌカ灰汁抜き:外皮を排除したタケノコに水が浸るように入れ、更にヌカを加え、約1時間茹でた。その後、表皮を排除し、賽の目に切断した後、乾燥・粉砕した。

・コシアブラ、タラノメ、コゴミ、フキ

採取試料を水洗いし、付着した土壌を取り除いた後、水分を拭き取り外皮を排除し3等分(a、b、c)に分割した。

a) 未処理:賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

b) お浸し:約0.1~0.3%の塩化ナトリウム溶液を沸騰し、試料をさっと茹でる。

c) 天ぷら:試料に天ぷら粉の衣を付け、170℃の食用油で数分間揚げた。

・ワラビ

採取試料を水洗いし、付着した土壌を取り除いた後、水分を拭き取り2等分(a、b)に分割した。

a) 未処理:賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

b) 灰汁抜き:試料に炭酸水素ナトリウムの粉末をふりかけ熱湯を注ぎ、6時間程放置した後、水分を拭き取り、賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

2.4 イノシシ肉

各個体から採取したロース及びモモ肉を2等分(a、b)した。

a) 未処理:賽の目に切断した後乾燥・粉砕した。

b) 血抜き:ブロック状の肉塊を流水中に24時間浸した。

3. 放射性 Cs 濃度の測定

粉末またはブロック状の試料をプラスチック容器(U-8)に詰め、Canberra社製のGe半導体検出器(GC2020、GC3020及びGC4020)で、放射性Cs濃度を測定した。¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの定量には、それぞれ604.7 keV及び661.7 keVのγ線を用いた。また、同時にカリウム-40(⁴⁰K)(1460 keV)の定量も実施した。なお、日本アイソトープ協会製の5種類(5~50 mm、9.5~95.0 g)の標準試料で効率曲線を作成した。

4. ⁹⁰Sr 濃度の測定

平成25年度に採取した作物灰試料、及び土壌試料中⁹⁰Srを分析した。

灰化した農作物試料約15gに安定Srキャリアを添加し、硝酸、過酸化水素水で溶液に分解後、水酸化ナトリウム溶液でpH10以上とし、炭酸Sr沈殿を作製し、分離した。炭酸Sr沈殿を塩酸で溶解し、シュウ酸塩沈殿を生成する。沈殿を灰化後、塩酸に溶解し、陽イオン交換樹脂でCaを除去した。更に、ラジウム(Ra)を除去しイットリウム-90(⁹⁰Y)をミルクングし、⁹⁰Srを求めた。土壌試料は、450℃で灰化後、Srキャリアを加え、塩酸で加熱抽出した後、農作物試料と同様に分離して、⁹⁰Sr濃度を求めた^{2,3)}。⁹⁰Sr濃度の測定方法は、原則“文部科学省放射能測定シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改定)”⁴⁾に拠っ

た。

5. ^{239}Pu 及び ^{240}Pu 濃度の測定

灰化した農作物試料の一部と土壌試料の一部について Pu を分析した。灰試料を硝酸と過酸化水素で分解した後、陽イオン交換樹脂で精製し、ICP-MS で Pu を測定した。土壌試料についても同様に、450 °C で有機物を除去し、硝酸で抽出した後、陽イオン交換樹脂を用いて精製し、ICP-MS で測定した。

C. 研究結果

1. 農作物及び土壌中放射性 Cs 及び ^{90}Sr の測定結果

大量の農作物試料を灰化して分析した ^{90}Sr 濃度と放射性 Cs 濃度の結果を表 3 に示す。また、作物栽培地点から採取した土壌中濃度について、表 4 に示す。

市場流通している帰還困難区域外から採取した農作物中放射性 Cs 濃度は、基準値を大きく下回る値であった。一方、帰還困難区域の試験圃場から採取した作物中濃度は、カボチャで基準値を超えた。しかしながら、土壌中の放射性 Cs 濃度が極めて高いにもかかわらず、キャベツでは基準値を下回った。福島県を除く国内から採取した作物中放射性 Cs 濃度は、最大 15 Bq/kg-生重量であった⁵⁾。

帰還困難区域外の農作物中 ^{90}Sr 濃度は、0.0047~0.30 Bq/kg-生重量の値であった。また、帰還困難区域内から採取した作物中 ^{90}Sr 濃度は、0.21 及び 0.31 Bq/kg-生重量であった。これらの値は、2013年に福島県を除く国内から採取された作物中 ^{90}Sr 濃度(検出限界値以下~0.91 Bq/kg-生重量)と比較しても、範囲内にあることが確認さ

れた。土壌中 ^{90}Sr 濃度は、帰還困難区域外及び内で、それぞれ 0.63~1.0 及び 1.7~4.7 Bq/kg-乾であった。帰還困難区域外に比べ帰還困難区域内試験圃場の土壌中の ^{90}Sr 濃度で若干高い値であった。なお、今回の測定結果は、福島県を除く国内の土壌中 ^{90}Sr 濃度(検出限界値以下~5.9 Bq/kg-乾)の範囲内であった。

2. 農作物及び土壌中 Pu の測定結果

農作物中 Pu 濃度については、極めて低濃度であり、検出限界値以下~0.000085 Bq/kg-生重量であり、世界で最も検出感度の高い方法で試みたにも関わらず多くの試料で検出が難しかった(表 3)。国内の農作物中 Pu 濃度については、検出限界値以下の報告しかなく、他の結果と比較できなかった。

3. 山菜及び野獣肉中放射性 Cs の測定結果

山菜及び野獣肉中放射性 Cs 及び ^{40}K 濃度をそれぞれ表 5 及び表 6 に示す。両者とも一部試料については基準値を下回ったが、管理された条件で栽培や飼育された農畜産物と異なり、基準値を超える試料が存在した。

D. 考察

1. 農作物中 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比

平成 24 年度に報告したように、文科省モニタリングデータによる ^{137}Cs に対する ^{90}Sr の土壌中濃度の比率は、0.00016~0.0058 であり、算術平均は 0.0026 であることから、地表面に沈着した ^{90}Sr の ^{137}Cs に対する土壌中濃度比として、0.0026 を高い値に丸めた 0.003(平成 23 年 6 月 14 日時点)から換算し、更に土壌から農作物への移行係数の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比を乗じて作物毎の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ を評価

している。そのため、本研究では評価値として算出された $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比と作物中 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比を比較した(図1)。帰還困難地域内の大熊町の試験圃場で栽培された農作物中のカボチャとキャベツについては、測定値が評価値を下回り、評価が妥当であったことが示された。一方、帰還困難区域外で採取した試料についても、3試料(コマツナ、キュウリ、食用菊)を除く評価値が測定値を下回り妥当性が示された。一方、評価値が測定値を上回った3試料については、土壌中の ^{90}Sr 濃度に事故の寄与が見られないこと、作物中の ^{90}Sr 濃度が福島県外で採取された作物中の ^{90}Sr 濃度と同様であったことから、大気圏核実験由来であったと考えられる。

2. 土壌中 Pu について

農作物中の Pu 濃度が極めて低かったために、本事故由来の判断基準となるプルトニウム-240/プルトニウム-239 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)原子数比を求めることができなかった。本事故由来による $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比は0.323~0.330と報告されているが、本研究で求めた土壌中 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比はその値とは異なり、帰還困難区域内から採取した土壌試料も含め、0.171~0.197と大気圏核実験由来(0.180 ± 0.007)と一致した⁶⁾。

3. 山菜及び野獣肉の調理加工に伴う低減割合

一般的に山菜や野獣肉は、調理加工した後に食される。そこで本研究では、山菜の調理加工(灰汁抜き、お浸し、茹等)とイノシシ肉の血抜きによる ^{137}Cs と ^{40}K の低減率(調理加工前の濃度に対する調理加工後の濃度)を求めた(図2)。

モウソウダケについては、灰汁抜きにより約50%に低減した。一方、ハチクとカラタケについては、

それぞれ85%及び77%の低減率であり、モウソウダケより高かった。これはハチクとカラタケの処理が、お湯でゆでただけのためと考えられる。コシアブラについては、お浸し、天ぷら共に低減しなかった。タラノメ、コゴミ、フキ及びワラビについては、お浸しで30%~94%に減少した。また、天ぷらによってもタラノメとコゴミでそれぞれ27%及び54%に減少した。このように、作物や調理加工によって低減率が大きく異なった。また、 ^{40}K については ^{137}Cs よりも低減率が大きかったが、 ^{137}Cs と同様の傾向にあった。

イノシシ肉の血抜きによる低減率は、部位や濃度によらず約20%であり、山菜の調理加工より低減率は大きかった(図3)。

E. 結論

本研究では、福島県において福島県産農畜産物に限定し、一部帰還困難区域内の試験圃場で栽培された作物についても測定を行うことにより、基準値策定時の妥当性について検証した。その結果、帰還困難地域内の大熊町の試験圃場で栽培された農作物中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比については、評価値よりも低く、その妥当性を検証した。大気圏核実験由来の ^{90}Sr と考えられる一部試料で評価値を上回ったが、多くは評価値より低い $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比であった。

Puについては作物中濃度が極めて低濃度のため、Puの起源が大気圏核実験または本事故由来かを判定することができなかった。しかしながら、作物中Puは土壌から移行するため、精度良く測定することができる土壌中 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比について確認した。その結果、土壌中Puは本事故由来ではなく大気圏核実験由来であった。よって、作物中Puの起源も大気圏核実験由来であると考

えられる。

山菜や野獣肉は、調理加工により放射性 Cs 濃度が低減化するため、それら食品中濃度を直接測定した結果より調理加工後の値は、低くなる。そのため、食品中濃度から評価される被ばく線量より、調理加工された食品を摂取することによる被ばく線量は小さな値になると考えられる。

E. 結論

本研究では、福島県において福島県産農畜産物に限定し、一部帰還困難区域内の試験圃場で栽培された作物についても測定を行うことにより、基準値策定時の妥当性について検証した。その結果、帰還困難地域内の大熊町の試験圃場で栽培された農作物中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比については、評価値よりも低く、その妥当性を検証した。大気圏核実験由来の ^{90}Sr と考えられる一部試料で評価値を上回ったが、多くは評価値より低い $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比であった。

Pu については作物中濃度が極めて低濃度のため、Pu の起源が大気圏核実験または本事故由来かを判定することができなかった。しかしながら、作物中 Pu は土壌から移行するため、精度良く測定することができる土壌中 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比について確認した。その結果、土壌中 Pu は本事故由来ではなく大気圏核実験由来であった。よって、作物中 Pu の起源も大気圏核実験由来であると考えられる。

山菜や野獣肉は、調理加工により放射性 Cs 濃度が低減化するため、それら食品中濃度を直接測定した結果より調理加工後の値は、低くなる。そのため、食品中濃度から評価される被ばく線量より、調理加工された食品を摂取することによる被ばく線量は小さな値になると考えられる。

F. 引用文献

- 1) 文部科学省、農林水産省：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果、平成 23 年度科学技術戦略推進費「重要政策課題への機動的対応の推進及び総合科学技術会議における政策立案のための調査」、「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」、1-82-1-88、2012.
- 2) H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahasi, H. Hasegawa, S. Hisamatsu and J. Inaba: Uptake and distribution of ^{90}Sr and stable Sr in rice plants. *Journal of Environmental Radioactivity* 81, 221-231, 2005.
- 3) H. Tsukada, A. Takeda and H. Hasegawa: Uptake and distributions of ^{90}Sr and ^{137}Cs in rice plants, 16th Pacific Basin Nuclear Conference, Aomori, Japan, P16P1121, 2008.
- 4) 文部科学省放射能測定シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改定)
- 5) 環境放射線データベース, <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/>
- 6) J. Zheng, K. Tagami and S. Uchida: Release from plutonium isotopes into the environment from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: what is known and what needs to be known. *Environmental Science and Technology* 47, 9584-9595, 2013.

G. 研究業績

1. 塚田祥文：土壌中放射性セシウムの経時的な変化, *日本土壌肥料学雑誌* 85, 77-79, 2014.
2. 山口克彦, 河津賢澄, 塚田祥文：福島大学に

における震災復興への取り組みー住民の視点からの放射線問題への取り組みー, 土木学会誌 99, 50-53, 2014.

3. 塚田祥文、小山良太:なすびのギモン(食品編), 1-33, 環境省, http://josen-plaza.env.go.jp/nasubinogimon/pdf/nasu-gimo_vol3_2pver.pdf, 2014.

4. 塚田祥文:農業環境における放射性セシウムの動態、福島化学工学懇話会、福島、2014.

5. 塚田祥文:食と放射能に関する説明会、消費者庁、郡山、2014.

6. 塚田祥文:「被ばく線量の考え方と福島の現状について」, 日本郵政グループ労働組合東北地方本部依頼講演、福島、2015.

7. 塚田祥文:環境中における放射性核種の存在形態研究とその意義、第1回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島、2015.

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

I. 健康危険情報
なし

表1 農作物及び土壌試料

試料名	試料番号	採取場所	緯度経度		作物採取日	土壌採取日
			北緯	東経		
コマツナ	2013AP-1	福島市梁川	37°51'22"	140°34'6"	2013/10/5	2014/7/31
シイタケ	2013AP-2	福島市保原	37°48'45"	140°33'17"	2013/10/5	2014/7/31
キュウリ	2013AP-3	福島市梁川	37°49'35"	140°36'32"	2013/10/7	2014/7/31
食用菊	2013AP-4	猪苗代町金田	37°30'49"	140°7'37"	2013/10/10	2014/8/2
玄米	2013AP-5	伊達市小国	37°45'13"	140°34'6"	2013/10/11	2014/7/4
ジャガイモ	2013AP-6	福島市土船	37°44'21"	140°21'52"	2013/10/5	2014/8/2
ニンジン	2013AP-7	福島市松川	37°38'33"	140°29'26"	2013/10/13	2014/7/31
ダイズ	2013AP-8	福島市黒岩	37°43'15"	140°28'7"	2013/10/15	2014/7/31
柿	2013AP-9	伊達市霊山	37°44'2"	140°37'59"	2013/12/25	2014/8/5
キャベツ	OK-K3	大熊町	37°24'10"	140°58'26"	2014/9/3	2014/9/3
カボチャ	OK-K1	大熊町	37°24'10"	140°58'26"	2014/9/3	2014/9/3

表2 イノシシ試料

試料名	採取場所	緯度経度		捕獲日	雌雄
		北緯	東経		
イノシシ_F1	福島市	37°45'53.10"	140°29'51.36"	2014年5月26日	♀
イノシシ_F2	福島市	37°45'49.87"	140°28'57.85"	2015年1月23日	♂
イノシシ_N1	浪江町	37°30'44.56"	140°58'51.38"	2015年1月28日	♀
イノシシ_N2	浪江町	37°30'44.56"	140°58'51.38"	2015年1月28日	♂

表 3 農作物中放射性 Cs、⁹⁰Sr 及び Pu 濃度

農作物	試料番号	濃度							放射性Cs濃度合計		放射能比	
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs			
(Bq/kg 生)												
コマツナ	2013AP-1	0.030 ± 0.0036	0.055 ± 0.0044	100 ± 0.34	0.054 ± 0.0027	—	0.085 ± 0.0057		0.55 ± 0.08			
キュウリ	2013AP-2	0.063 ± 0.0074	0.11 ± 0.008	66 ± 0.57	0.013 ± 0.0011	< 0.00000059	0.18 ± 0.011		0.56 ± 0.08			
玄米	2013AP-3	0.74 ± 0.054	1.6 ± 0.077	65 ± 1.9	0.013 ± 0.0018	—	2.4 ± 0.094		0.45 ± 0.04			
パレイシヨ	2013AP-4	1.7 ± 0.026	3.9 ± 0.039	130 ± 0.88	0.012 ± 0.00093	< 0.00000013	5.7 ± 0.047		0.44 ± 0.01			
ニンジン	2013AP-5	0.36 ± 0.032	0.78 ± 0.040	130 ± 1.7	0.031 ± 0.0022	—	1.1 ± 0.051		0.46 ± 0.05			
ダイズ	2013AP-6	3.7 ± 0.32	8.8 ± 0.47	540 ± 14	0.30 ± 0.014	0.000085 ± 0.000040	13 ± 0.57		0.43 ± 0.04			
柿	2013AP-7	1.5 ± 0.047	3.6 ± 0.074	56 ± 1.2	0.0086 ± 0.00050	—	5.1 ± 0.088		0.42 ± 0.02			
食用菊	2013AP-8	0.072 ± 0.0040	0.17 ± 0.0059	86 ± 0.32	0.044 ± 0.0039	—	0.24 ± 0.0071		0.43 ± 0.03			
シイタケ	2013AP-9	2.2 ± 0.093	5.1 ± 0.14	85 ± 2.3	0.0047 ± 0.00032	0.000055 ± 0.000010	7.2 ± 0.17		0.43 ± 0.02			
カボチャ ^a	OK-K3	27 ± 0.79	80 ± 1.3	75 ± 5.9	0.31 ± 0.0061	0.0000064 ± 0.0000011	107 ± 1.5		0.34 ± 0.01			
キャベツ ^a	OK-K1	17 ± 0.38	50 ± 0.68	64 ± 3.5	0.21 ± 0.0057	< 0.0000061	67 ± 0.78		0.33 ± 0.01			
各種農作物 ^b		ND ~ 4.9	ND ~ 10		ND ~ 0.91							

^a 帰還困難区域の試験圃場から採取。

^b 福島県を除く日本国内から採取(「日本の環境放射能と放射線」から検索)。

表 4 土壌中放射性 Cs、⁹⁰Sr 及び Pu 濃度

試料番号	栽培作物	濃度					放射性Cs濃度合計		放射能比		²⁴⁰ Pu/ ²³⁹ Pu原子数比	
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs				
Bq/g 乾土												
2013AP-1	コマツナ	85 ± 4	280 ± 7	520 ± 39	0.63 ± 0.07	370 ± 7.5	0.31 ± 0.01	0.184 ± 0.0026				
2013AP-3	キュウリ	74 ± 10	240 ± 17	460 ± 110	0.94 ± 0.08	320 ± 20	0.31 ± 0.05	0.178 ± 0.031				
2013AP-4	食用菊	18 ± 3	50 ± 4	430 ± 55	0.59 ± 0.07	67 ± 5	0.35 ± 0.06	0.163 ± 0.014				
2013AP-5	玄米	670 ± 14	2000 ± 23	460 ± 48	0.93 ± 0.08	2700 ± 26	0.34 ± 0.01	0.197 ± 0.032				
2013AP-6	ジャガイモ	140 ± 8	430 ± 14	230 ± 54	0.67 ± 0.07	570 ± 16	0.33 ± 0.02	0.174 ± 0.035				
2013AP-7	ニンジン	320 ± 22	780 ± 37	570 ± 140	0.63 ± 0.07	1100 ± 43	0.41 ± 0.03	0.177 ± 0.044				
2013AP-8	ダイズ	260 ± 12	770 ± 20	160 ± 51	1.0 ± 0.08	1000 ± 23	0.34 ± 0.02	0.171 ± 0.016				
2013AP-9	柿	250 ± 16	790 ± 28	310 ± 83	0.90 ± 0.08	1000 ± 32	0.32 ± 0.02	—				
OK-K3	カボチャ	4000 ± 57	12000 ± 94	510 ± 120	4.7 ± 0.2	16000 ± 110	0.33 ± 0.01	0.177 ± 0.013				
OK-K1	キャベツ	3200 ± 48	9200 ± 78	370 ± 110	1.7 ± 0.1	12000 ± 91	0.35 ± 0.01	—				

表5 山菜中放射性Cs、及び⁴⁰K濃度

山菜	¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		¹³⁴⁺¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		放射能比	
	Bq/kg 生								¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs	
モウソウダケ	20 ± 0.2		52 ± 0.3		72 ± 0.4		130 ± 2		0.39 ± 0.004	
ハチク	11 ± 0.4		32 ± 0.7		43 ± 0.8		120 ± 6		0.36 ± 0.015	
カラタケ	11 ± 0.3		30 ± 0.5		41 ± 0.6		160 ± 5		0.36 ± 0.011	
コシアブラ	52 ± 2.0		140 ± 3.1		190 ± 3.7		130 ± 16		0.37 ± 0.017	
タラノメ	7.2 ± 0.6		24 ± 1.1		31 ± 1.2		130 ± 11		0.31 ± 0.028	
コゴミ	4.1 ± 0.5		12 ± 0.8		16 ± 0.9		96 ± 11		0.34 ± 0.048	
フキ	1.9 ± 0.3		6.0 ± 0.4		8 ± 0.5		210 ± 10		0.32 ± 0.054	
ワラビ	6.3 ± 0.5		16 ± 0.8		22 ± 0.9		110 ± 9		0.39 ± 0.036	

表6 イノシシ肉中放射性Cs及び⁴⁰K濃度

試料名	部位	¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		¹³⁴⁺¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		放射能比	
		Bq/g 生								¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs	
イノシシ_F1	ロース	64 ± 3		170 ± 4		234 ± 5		100 ± 19		0.38 ± 0.018	
	モモ	74 ± 5		210 ± 7		284 ± 8		120 ± 34		0.35 ± 0.025	
イノシシ_F2	ロース	120 ± 4		400 ± 7		520 ± 8		84 ± 20		0.30 ± 0.010	
	モモ	120 ± 3		420 ± 6		540 ± 6		99 ± 17		0.29 ± 0.008	
イノシシ_N1	ロース	160 ± 5		590 ± 10		750 ± 11		120 ± 27		0.27 ± 0.010	
	モモ	160 ± 5		600 ± 10		760 ± 12		130 ± 28		0.27 ± 0.010	
イノシシ_N2	ロース	200 ± 5		750 ± 9		950 ± 10		140 ± 24		0.27 ± 0.007	
	モモ	200 ± 6		710 ± 11		910 ± 13		110 ± 27		0.28 ± 0.010	

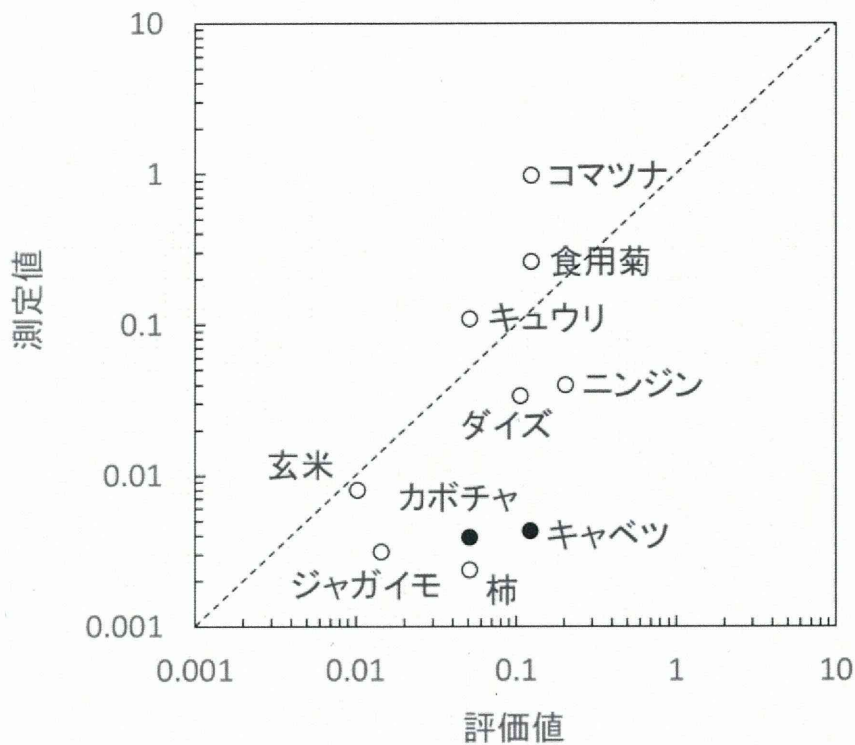


図1 農作物中 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比の評価値と実測値の比較

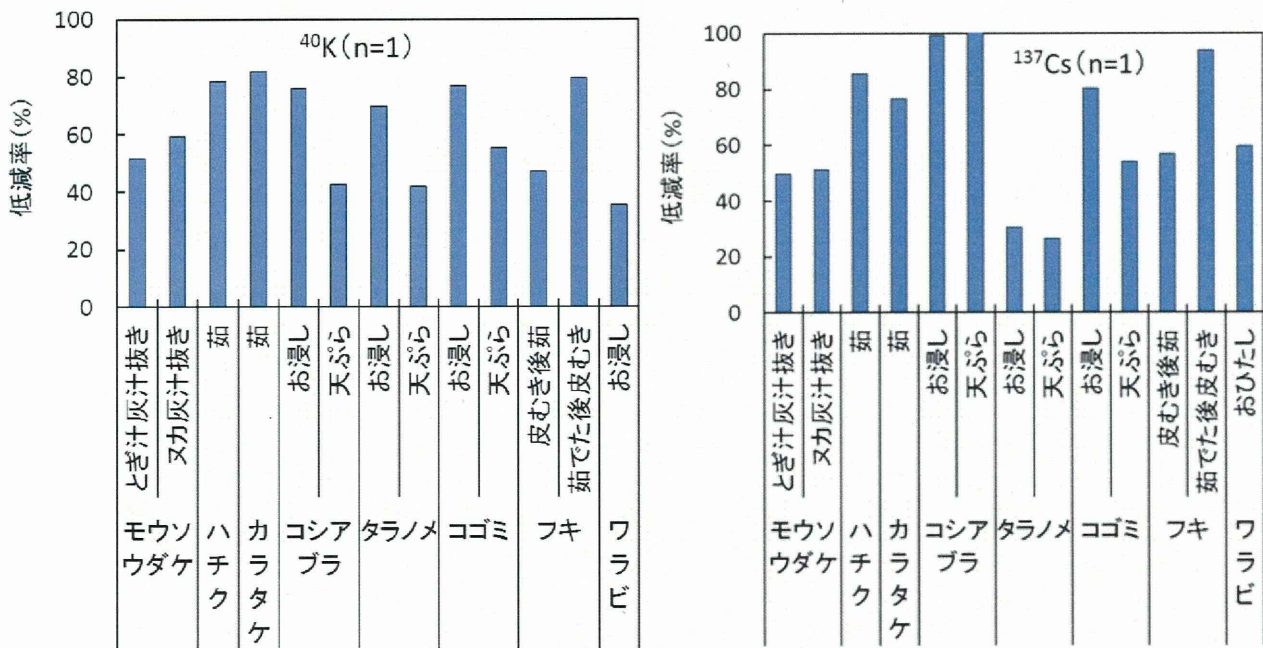


図2 山菜の調理による低減率

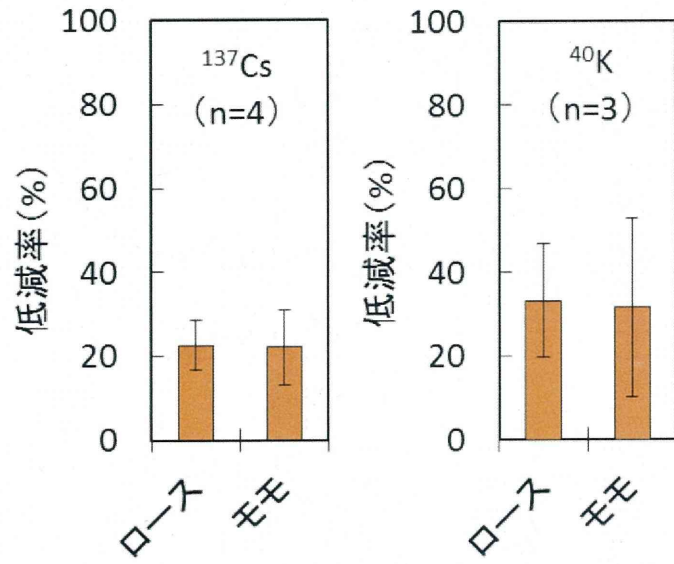


図3 イノシシ肉の血抜きによる ^{137}Cs 及び ^{40}K の低減率

厚生労働科学研究費補助金

(厚生労働科学特別研究事業)

食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証 分担研究報告

分担研究者 高橋 知之 京都大学 原子炉実験所
研究協力者 塚田 祥文 福島大学 うつくしまふくしま未来支援センター
(平成24年度～平成25年度)
研究協力者 福谷 哲 京都大学 原子炉実験所

研究要旨

東京電力(株)福島第一原子力発電所(FD1NPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、平成 24 年4月以降の長期的な状況に適用された食品中放射性核種濃度の基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」については 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」については、より安全側に 50 Bq/kg とすることが妥当であると考えられた。この基準値の導出には、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性 Cs 以外の核種の寄与も考慮されている。本研究では、福島県内で生産された食品について、その放射性 Cs 濃度及びストロンチウム-90 (^{90}Sr)濃度にあわせて、安定核種濃度を測定することにより、放射性 Cs 及び ^{90}Sr に起因する内部被ばく線量を推定することにより、基準値の導出が妥当であったことを確認した。

A. 研究目的

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会は、東京電力(株)福島第一原子力発電所(FD1NPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、平成 24 年4月以降の長期的な状況に適用する食品中の放射性物質の基準値について、合理的に達成できる限り線量を低く保つという考えに立ち、より一層、国民の安全・安心を確保する観点から、介入線量レベルを年間 1 mSv に引き下げることが妥当と判断し、この線量に相当する食品中放射性セシウム(Cs)の限度値を導出することにより、基

準値を設定した。その際、農畜産物等への放射性核種の移行評価を行うことにより、食品の摂取に起因する内部被ばく線量評価を実施した。その結果、限度値が最も小さくなるのは、1年目における 13-18 歳(男)であり、想定外の食品摂取をしても安全が確保できるよう、介入線量に一定の余裕を持たすため、基準値は、この値を安全側に切り下げて 100 Bq/kg と設定することが妥当とした。また、「乳児用食品」及び「牛乳」については、流通する全ての食品に基準値上限の放射性物質が含まれるとしても年間 1 mSv を超えることがないよう、