

福島県川内村産・入手食品の放射性セシウム 137 の 調理の下処理等による減少率

桑守 豊美¹⁾・宮地 洋子²⁾・尼子 克己³⁾・桑守 正範⁴⁾・荒井 富佐子⁵⁾・原田 澄子⁶⁾
大森 聡⁷⁾・原田 浩二⁸⁾・小泉 昭夫⁹⁾

仁愛大学¹⁾・東北生活文化大学短期大学部²⁾・仁愛大学³⁾・美作短期大学⁴⁾・元新潟県立大学⁵⁾
金沢学院短期大学⁶⁾・富山短期大学⁷⁾・京都大学⁸⁾・京都保健会社会健康医学福祉研究所⁹⁾

The Rate of Decrease of Radioactive Cesium-137 in Food from Kawauchi Village
(Fukushima Prefecture) Achieved as a Result of Preparation,
Pretreatment and Other Processing of the Food prior to Its Cooking

Toyomi KUWAMORI・Youko MIYATI・Katumi AMAKO・Masanori KUWAMORI・Fusako ARAI
Sumiko HARADA・Satoshi OOMORI・Kouji HARADA・Akio KOIZUMI

Jinai University, Touhoku Seikatu Bunka University and Junior College, Jinai University,
Mimasaka Junior College, University of Niigata Prefecture, Kanazawa Gakuin Junior College, Toyama Junior College,
Kyoto University, Kyoto Hokenkai Social Health Medicine Welfare Laboratory

2011年3月東日本大震災により福島第一原子力発電所は事故に見舞われ、広範囲の地域と農産物や山菜・野生鳥獣が放射性物質により汚染される事態となった。事故発生から10年余が経過し、これらの汚染による空間線量、あるいは食品中の放射性セシウムなどの含量は大幅に減少して来ているとされている。しかし食品は安全面から、現在でも行政の関係機関では引き続き抜き取り検査後流通がなされ、管理されている現状である。

筆者らは食品を安心して安全に摂取できることを示す一助として、調理の下処理による放射性セシウムの減少率を明らかにするために、2011年8月から2016年2月の期間に福島県双葉郡川内村で生産された、または購入・入手した他県産を含む食品26品目を用いて、山菜・果物・野菜を15時期、猪肉を3時期にわたり、放射性セシウム137(Cs137)含量の調理の下処理および調理による減少率を調べた。その中のリンゴ・じゃがいもの2品目については、採取時・洗った後・むいた後などの各々の下処理後と、これらの作業の過程で生じる洗い水・むいた皮・芯等廃棄する部分に含まれる量も含めた動態を調べ、放射性セシウムの下処理による減少を確認した。これらの3品目を加えた山菜・果物・野菜の25品目と猪肉、1日分の食事について、各々下処理前とその食品によく行われる下処理、山菜などは6方法、猪肉は2方法、1日分の食事は調理後に放射性セシウム137含量を計測し、減少率を算出した。山菜・果物・野菜の下処理別の平均減少率は「洗う」20.2%、「洗う・むく」25.8%、「洗う・ゆでる」51.7%、「洗う・むく・ゆでる」67.6%、「漬ける」23.8%、「アク抜き」68.1%、猪肉は「ゆでる」15.4%、「しゃぶしゃぶ」17.6%、1日分の食事の調理による減少率は58.9%であった。食品中の放射性セシウム137含量は下処理・調理により減少し、下処理法によって減少率は異なっていた。

キーワード：福島県川内村産・入手食品、2011年から2016年、放射性セシウム137含量、下処理・調理による減少率

I. はじめに

東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性物質により、広範な地域とそこで生産される食品、自生する山菜、野生動物などに放射性物質が含まれる事態となった。放射性物質の物理学的半減期はセシウム 134 では 2.1 年、セシウム 137 では 30 年¹⁾とされている。食品の放射性物質による汚染は人への内部被ばくの要因となりうるため、食品中の放射性物質の基準値が厚生労働省（2012 年 4 月 1 日施行）により、半減期 1 年以上のセシウムなどの放射性核種の含量の上限値として、飲料水 10Bq/kg・牛乳 50Bq/kg・乳幼児食品 50Bq/kg・一般食品 100Bq/kg と設定された²⁾。更に出荷前検査の実施および検査結果に基づく出荷制限などの指示により、食品を摂取することも含めた被ばく線量が年間 1 ミリシーベルトを超えないよう制御されている。

食品の調達段階では以上のような制御がなされたが食事として摂取する場合は「洗う」「むく」「ゆでる」「漬ける」「アク抜き」などの下処理を行う。これらの調理の下処理による放射性物質の減少率を明らかにすることは食品の安全・安心にとって有用な情報と考えた。筆者らは先に 2012 年 6 月から 2013 年 5 月までの期間に、食品中の放射性物質の調理の下処理による減少率の検討結果を報告した³⁾。今回、リンゴ・じゃがいもの下処理による放射性セシウム 137 の動態と、筆者らが取り扱った 2012 年 6 月から 2016 年 2 月の山菜などの下処理 6 方法と猪肉の 2 方法、および 1 日分の食事の調理による放射性セシウム 137 の減少率の結果について報告する。

2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の空間線量などの分布をみると、発電所周辺地域における事故直後の 2011 年 4 月 22 日の放射性物質空間線量は環境省より図 1 の通り報告されている⁴⁾。

放射性物質の除染は 2012 年 1 月から施行されている放射性物質汚染対処特措法に基づき、年間の追加被ばく線量が 1 ミリシーベルト以下になることを目指して、住居・公共施設・道路・田畑・山林（生活圏）で、事前に放射性物質の量を計測し、その量に応じた方法で実施された⁵⁾。住居・公共施設では落ち葉除去・ふき取り・洗浄、道路では堆積物の除去・洗浄・天地返し・表土の削り取り、

田畑では 2013 年 2 月に農林水産省より農地除染対策の技術書が示され⁶⁾、反転耕・深耕・表土削り取り・同族元素のカリウムの施肥や吸着資材を施用する移行低減栽培が行われた。また森林（生活圏）についても落ち葉除去、下草刈り、表土の削り取りなどの面的除染が 36 市町村全てで行われ、2018 年 3 月までに全ての除染が終了しており⁷⁾、自動車走行サーベイモニタリングの結果は 2011 年 5 月の状況では図 2、2022 年 5 月では図 3 のとおりとなり、大幅な放射性物質の減少が見られている⁸⁾。

また本研究で食品を採取・入手した福島県川内村にお

2011 年 4 月 22 日

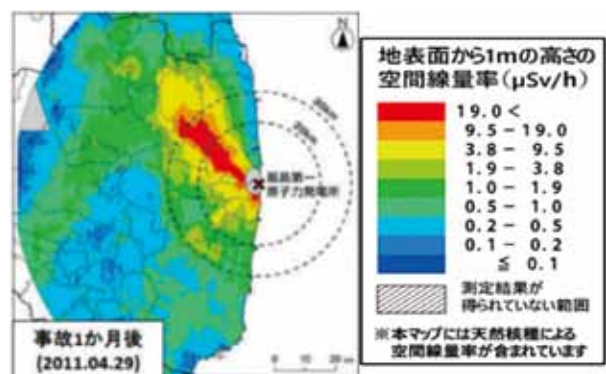


図 1 福島第一原子力発電所と放射性物質の汚染状況
資料：環境省 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

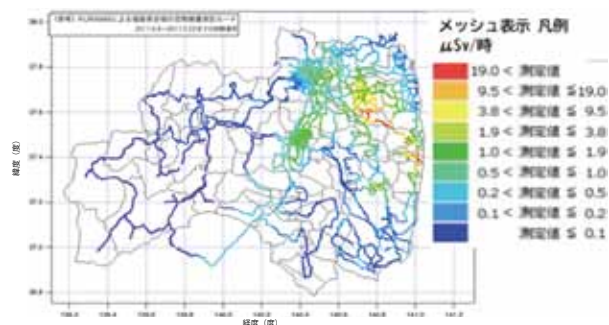


図 2 2011 年 5 月の福島県における自動車走行サーベイモニタリング結果
資料：福島県 福島県における自動車走行サーベイモニタリング

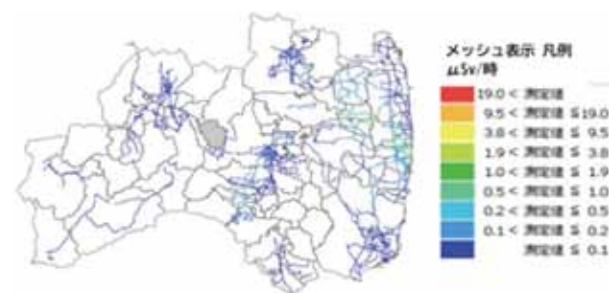


図 3 2022 年 5 月の福島県における自動車走行サーベイモニタリング結果
資料：福島県 福島県における自動車走行サーベイモニタリング

けるモニタリングの測定結果（除染前，除染後，事後モニタリング）においても除染開始前の2012年の状況（図4）は，2016年の事後モニタリングでは図5のとおり，年間1ミリシーベルト以下であるための空間線量の安全基準値である $0.23\mu\text{Sv/h}$ より少ない $0.19\mu\text{Sv/h}$ 以下に減少していることが伺える⁹⁾。また筆者らが川内村で試料の採取や下処理を行った場所の近くに設置されていたモニタリングポストの空間線量¹⁰⁾は図6のとおり2012年の5月の時点から安全基準値以下の低値を示していた。

また，食品に関しては，筆者らが2012年から2021年間に，川内村で不定期に採取した4品目の採取時の放射性セシウム137含量は多い年度でわらび（2013年） 51Bq/kg ，ふき（2014年） 20Bq/kg と基準値の 100Bq/kg 以下であったが，こしあぶら（2013年）は 1500Bq/kg ，猪肉（2015年）は 1700Bq/kg と極めて多い含量を示していたが，2021年には基準値の範囲まで減量していた¹¹⁾。本研究では川内村産の食品，あるいは川内村で購

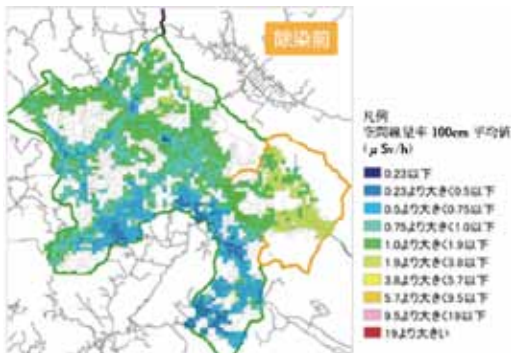


図4 川内村の除染前（2012年）の川内村のモニタリングの測定結果
資料：環境省 除染情報サイト 福島県川内村

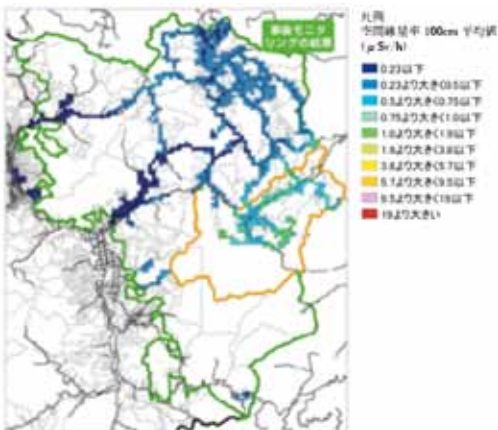


図5 川内村の除染後（2016年）の川内村のモニタリングの測定結果
資料：環境省 除染情報サイト 福島県川内村



図6 採取地点に近いモニタリングポストによる放射線空間線量率
資料：福島県放射能測定マップ

入した他県産の食品を含む食品を試料として調理の下処理，または調理による放射性セシウム137の減少率を把握することを目的としている。

II. 方法

II-1. 測定した食品の採取・入手時期および方法

試料とした食品の採取・入手時期は山菜・果物・野菜では2011年の8・11月，2012年の6・7・8・10（2時期），11月，2013年の3（2時期）・5・8・11月，2014年の6・11月の合計15時期である。採取・入手した場所は福島県双葉郡川内村で，入手方法は筆者らが協力者のY家に出向き採取・入手，またはY家の方々に収集を依頼した。猪肉は2013年11月・2015年12月・2016年2月の3時期にY家の方に調達・送付を依頼した。

II-2. 試料の調製

放射性物質セシウム137の調理の下処理による動態の測定の試料の調製は，3時期にわたるリンゴ・じゃがいもの2品目が下処理前の試料と各下処理を行うための試料として，いずれも試料調製後の測定施設において約1kg，または2kgになるよう四分位法に沿って分けられ，更に下処理の過程で出る洗い水・皮・芯も試料とした。

山菜・果物・野菜25品目の下処理6方法による放射性物質セシウム137の減少率測定の試料の調製について，下処理前試料は，山菜・きのこ・果物・果菜は採取時のそのままを試料とし，葉菜は根・外葉を除いた後に試料とし，根菜・いも類はじゃがいもを除き，洗った後に試料とした。下処理の「洗う」は15品目29試料をY家の流しの水1ℓずつを用いて3回洗った。「洗う・むく」は11品目23試料について調製した。「洗う・茹でる」では葉菜9品目15試料について「洗う」の後に，鍋に水1.5ℓ

を入れてホースノンガスコンロ（岩谷産業）で沸騰させ、3回に分け、同じ茹で水を用いて各々2分前後茹でた。「洗う・むく・茹でる」は根菜4品目12試料について、洗い・むいた後に各試料を1cmの厚さに切り、1.5ℓの水を加えて柔らかくなるまで7分間前後茹でた。「漬ける」は3品目6試料について、試料重量の約3%の食塩を加え、12時間前後重石を乗せて漬けた。「アク抜き」は2品目7試料について、1.5ℓの水に重炭酸ナトリウム3gを入れて約4分間茹で2時間放置した後、1時間流水、または水を換えながらさらした。「1日の食事」は5時期とも表1と同じ献立に基づき試料を調製した。

表1 1日の献立

朝食		昼食		夕食	
トースト	パン 60g	ご飯	白飯 200g	ご飯	白飯 200g
	バター 5g	肉じゃが	牛肉 50g	味噌汁	小松菜 20g
ハムエッグ	ハム 20g		じゃがいも 90g		油揚げ 20g
	卵 50g		玉葱 40g		煮出し汁 150g
	植物油 4g		人参 200g		味噌 12g
	レタス 20g		油 50g	煮魚	かれい 90g
	ミニトマト 20g		砂糖 5g		葱 30g
	マヨネーズ 5g		醤油 12g		椎茸 15g
果物	りんご 50g	酢の物	いか 30g		砂糖 2g
コーヒー	インスタント 5g		胡瓜 40g		醤油 8g
	水 150ml		砂糖 40g	お浸し	ほうれん草 30g
			酢 7g		なめこ 20g
			塩 0.7g		大根 30g
		漬物	白菜漬 40g		醤油 5g
		果物	みかん 80g	果物	柿 70g
				牛乳	200ml

分析用の試料の重量は分析施設により、京都大学の場合は1kg強、福井県北陸環境科学研究所の場合は2kg強に調製した。

各々の下処理を行った試料をエフ・エム・アイ株式会社のROBOTCOUPEMAGIMIXRM-4200-Vで粉碎し、ジップ付きナイロン袋に入れたものを冷蔵宅急便にて分析施設に送付した。京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻環境衛生学研究室に送付したものは測定まで摂氏4℃の冷蔵室で保管され、北陸環境科学研究所に送付したものは測定まで摂氏0℃の冷蔵庫に保管された。これらの試料の調製作業の殆どは、山菜・野菜の採取場所の持ち主であるY氏宅の駐車場に併設された流し場で

筆者らが行った。

猪肉の調製は冷蔵で配送された700g強のもも肉試料から、200g強の下処理前の試料と、1ℓおよび500mlの水を用いて「茹でる」30分と「しゃぶしゃぶ」の下処理を行った後、先述のミキサーで粉碎または3mmの微塵切りにし、各々200g強の試料を筆者らの所属大学で調製した。同試料はジップ付きナイロン袋に入れて北陸環境科学研究所に送付し、同研究所で計測した。

II-3. 放射性セシウム137量の測定

放射性セシウム137の測定は京都大学の研究室において、γ線スペクトロメーター（ゲルマニウム半導体検出器）で30,000~50,000秒間計測した。測定下限値0.03Bq/kgである。北陸環境科学研究所においても同様の分析法で測定した。なお同施設の分析時間は70,000秒間であり、両施設での試料の測定結果の含量が非検出の場合は検出下限値を測定値とした。

III. 結果

III-1. リンゴ、じゃがいもの下処理によるセシウム137の動態

リンゴの下処理前および下処理後と、その間の廃棄される洗い水と皮・芯も試料として調製し、放射性セシウム137の動態を3時期測定した結果の平均値は図7のとおりであった。洗い水に4.8%、皮芯などに25.5%含まれ、下処理によって合計30.3%が失われ、下処理後に68.8%が残存している結果となった。

なお使用した水の放射性セシウム含量は常に非検出で下限値0.08以下であった。じゃがいもでは図8のとおり試料が泥付きのままのこともあり、洗い水に11.4%が移行し、皮に15.0%、茹で汁に32.0%が失われ、合計58.4%が失われた。茹でたものの中には35.3%が残存していた。

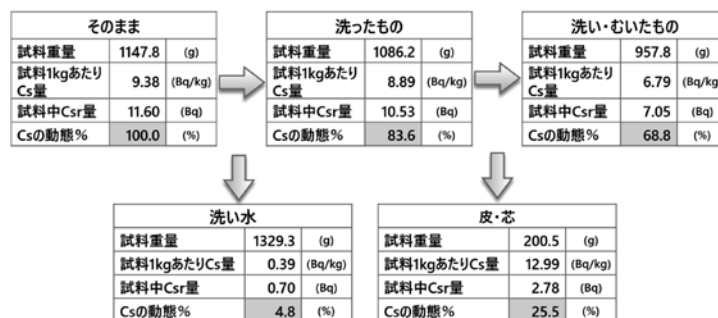


図7 リンゴの下処理によるCs137の動態 (n=3)

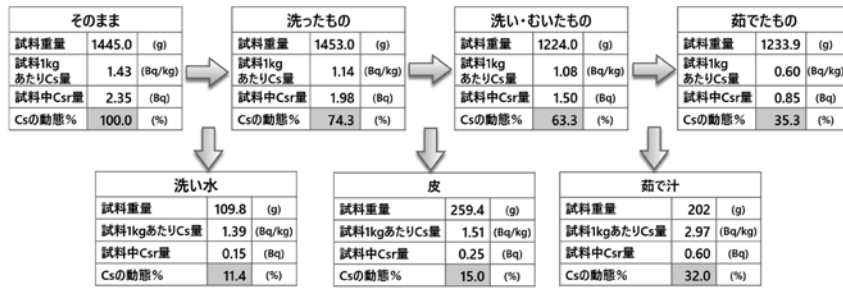


図8 ジャガイモの下処理によるCs137の動態 (n=3)

Ⅲ-2. 下処理法別セシウム137の減少率

下処理法別のセシウム137の減少率は次のとおりであった。「洗う」の15品目29試料は表2のとおり平均減少率は20.2%、「洗う・むく」の11品目23試料は表3のとおり25.8%、「洗う・茹でる」の9品目15試料は表4のとおり51.6%、「洗う・むく・ゆでる」の4品目12試料は表5のとおり67.6%、「あく抜き」の2品目7試料は表6のとおり68.1%、「漬物」の3品目6試料は表7のとおり

23.8%であった。猪肉「茹で」の3試料は表8のとおり15.4%、猪肉「しゃぶしゃぶ」の3試料は表9のとおり17.6%であった。下処理法によって減少率が異なっていた。

Ⅲ-3. 1日の食事の調理によるセシウム137の減少率

表1に示した「1日の食事」と同じ献立で調製した5時期の試料の調理前後の減少率は表10のとおり平均58.9%であった。

表2 「洗う」によるセシウム137の減少率 (n=29)

食品名	採取日	下処理前含量 (Bq/kg)	「洗う」後の含量 (Bq/kg)	減少率 (%)	分析施設
椎茸①	2012/11/23	45.54	40.87	10.3	2)
椎茸②	2013/3/1	99.48	95.85	3.6	1)
舞茸	2012/10/7	40.71	40.94	-0.6	1)
うしこ茸	2013/3/1	★446.73	★405.57	9.2	1)
露のとう	2013/3/26	12.00	8.00	33.3	2)
りんご①	2011/10/27	2.20	2.10	4.5	2)
りんご②	2012/11/23	5.89	4.48	23.9	1)
りんご③	2013/11/17	0.26	0.20	23.1	1)
柿	2012/10/7	4.03	3.09	23.3	1)
胡瓜①	2012/7/17	0.34	0.35	-2.9	1)
胡瓜②	2012/8/8	0.66	0.43	34.8	1)
胡瓜③	2013/8/6	0.38	0.39	-2.6	1)
茄子①	2012/8/6	1.14	0.67	41.2	1)
茄子②	2012/8/6	0.29	0.25	13.8	1)
さやいんげん	2013/8/6	1.80	1.99	-10.6	1)
じゃがいも①	2012/6/18	5.12	0.86	83.2	1)
じゃがいも②	2012/7/17	2.30	2.01	12.6	2)
じゃがいも③	2013/8/6	0.80	0.65	18.8	1)
じゃがいも④	2013/11/17	1.20	0.77	35.8	1)
大根①	2012/8/8	0.43	0.37	14.0	1)
大根②	2012/8/8	0.73	0.55	24.7	1)
大根③	2012/11/23	0.22	0.15	31.8	1)
大根④	2013/11/17	0.18	0.24	-33.3	1)
空芯菜	2013/8/6	2.08	0.97	53.4	1)
レタス	2012/8/8	0.64	0.77	-20.3	1)
キャベツ	2012/9/4	ND<0.20	ND<0.15	25.0	1)
白菜①	2012/10/29	2.11	0.54	74.4	1)
白菜②	2012/11/23	0.91	0.45	50.5	1)
白菜③	2013/11/17	0.43	0.39	9.3	1)
平均		23.41	21.17	20.2	
標準偏差		84.00	76.56	25.5	

① 減少率(%) = (下処理前含量 - 下処理後含量) / 下処理前含量 × 100
 ② 分析施設(1): 京都大学大学院医学研究科 社会健康医学系専攻 環境衛生学分野
 分析施設(2): 北里理療学研究所
 ③ ND<: 測定不能および下処理値
 ④ ★: 基準値 (100Bq/kg) 超過

表3 「洗う・剥く」によるセシウム137の減少率 (n=23)

食品名	採取日	下処理前含量 (Bq/kg)	「洗う・剥く」後の含量 (Bq/kg)	減少率 (%)	分析施設
松茸(いしづき)	2012/10/7	★230.00	★210.00	8.7	2)
りんご①	2011/10/27	22.00	15.00	31.8	2)
りんご②	2012/11/23	5.89	5.14	12.7	1)
りんご③	2013/11/17	0.26	0.24	7.7	1)
柿①	2012/10/7	2.32	2.34	-0.9	1)
柿②	2012/11/3	45.64	37.89	17.0	1)
柿③	2012/11/3	2.14	2.67	-24.8	1)
トマト(湯剥き)①	2012/8/8	0.81	0.58	28.4	1)
トマト(湯剥き)②	2012/8/8	0.63	0.48	23.8	1)
胡瓜	2013/8/6	0.38	0.28	26.3	1)
茄子(へた)	2013/8/6	0.29	0.17	41.4	1)
じゃがいも①	2011/8/30	4.92	0.86	82.5	2)
じゃがいも②	2012/7/16	4.88	0.62	92.6	2)
じゃがいも③	2013/8/6	0.80	0.59	26.3	1)
じゃがいも④	2013/11/17	1.20	0.73	39.2	1)
じゃがいも⑤	2014/11/9	2.30	ND<0.80	65.2	2)
人参①	2012/8/8	3.38	2.69	20.4	1)
人参②	2013/3/1	0.81	0.35	56.8	1)
果芋	2012/10/7	1.35	0.70	48.1	1)
大根①	2012/8/8	0.73	0.55	24.7	1)
大根②	2012/11/23	0.22	0.15	31.8	1)
大根③	2013/11/17	0.18	0.28	-55.6	1)
いんげん(すじ)	2013/8/6	1.80	1.99	-10.6	1)
平均		14.48	12.38	25.8	
標準偏差		48.04	43.84	32.5	

表4 「洗う・茹でる」によるセシウム137の減少率 (n=15)

食品名	採取日	下処理前含量 (Bq/kg)	「洗う・茹でる」後の含量 (Bq/kg)	減少率 (%)	分析施設
こしあぶら	2013/5/24	★1500.00	★440.00	70.7	2)
露のとう	2013/3/29	12.00	4.30	64.2	2)
茄子①	2012/8/8	0.66	0.67	-1.5	2)
茄子②	2012/8/8	1.14	ND<0.37	67.5	1)
茄子③	2013/8/6	ND<0.29	ND<0.29	-	1)
いんげん	2013/8/6	1.80	2.13	-18.3	1)
ほうれん草	2013/11/17	5.89	0.91	84.6	1)
春菊①	2012/7/17	6.60	0.34	94.8	1)
春菊②	2012/11/23	1.81	0.53	70.7	1)
春菊③	2014/11/9	7.40	ND<3.00	59.5	2)
空芯菜	2013/8/6	2.08	0.21	89.9	1)
白菜①	2012/10/29	2.11	0.28	86.7	1)
白菜②	2012/11/23	0.91	0.37	59.3	1)
白菜③	2013/11/17	0.43	0.28	34.9	1)
菜	2013/11/17	0.17	0.15	11.8	1)
平均		102.89	30.26	51.6	
標準偏差		386.51	113.36	37.0	

表5 「洗う・剥く・茹でる」によるセシウム137の減少率 (n=12)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「洗う・剥く・茹でる」後の含量	減少率(%)	分析施設
じゃがいも①	2011/8/30	5.12	0.37	92.8	1)
じゃがいも②	2012/7/17	4.88	0.36	92.6	1)
じゃがいも③	2012/8/8	3.02	0.78	74.2	1)
じゃがいも④	2013/8/6	0.80	0.37	53.8	1)
じゃがいも⑤	2013/11/17	1.20	0.34	71.7	1)
じゃがいも⑥	2014/11/9	2.30	ND<-1.10	52.2	2)
人参①	2012/8/8	0.86	0.34	60.5	1)
人参②	2013/3/1	0.81	0.19	76.5	1)
栗芋	2012/10/7	1.35	ND<-0.22	83.7	1)
大根①	2012/8/8	0.43	0.22	48.8	1)
大根②	2012/8/8	0.73	ND<-0.20	72.6	1)
大根③	2012/11/23	0.22	ND<-0.15	31.8	1)
平均		1.81	0.39	67.6	
標準偏差		1.68	0.28	18.6	

表6 「アク取」によるセシウム137の減少率 (n=7)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「アク取(剥く)」後の含量(Bq/kg)	減少率(%)	分析施設
わらび①	2012/6/18	4.13	0.99	76.0	1)
わらび②	2012/6/18	0.64	ND<-0.17	73.4	1)
わらび③	2013/5/24	51.41	29.05	43.5	1)
わらび④	2014/6/1	33.00	13.00	60.6	2)
蒟①	2012/6/18	11.61	4.52	61.1	1)
蒟②	2013/5/24	11.67	1.78	84.7	1)
蒟③	2014/6/1	20.00	4.50	77.5	2)
平均		18.92	7.72	68.1	
標準偏差		17.86	10.34	14.0	

表7 「漬物」によるセシウム137の減少率 (n=6)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「漬物」後の含量(Bq/kg)	減少率(%)	分析施設
胡瓜①	2012/8/8	0.66	0.75	-13.6	1)
胡瓜②	2013/8/6	0.38	0.32	15.8	1)
茄子①	2013/8/6	1.14	0.81	28.9	1)
茄子②	2013/8/6	0.29	0.17	41.4	1)
白菜①	2012/11/23	0.91	0.44	51.6	1)
白菜②	2013/11/17	0.43	0.35	18.6	1)
平均		0.64	0.47	23.8	
標準偏差		0.33	0.25	22.8	

表8 「猪生肉・茹」によるセシウム137の減少率 (n=3)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「茹で」後の含量(Bq/kg)	減少率(%)	分析施設
猪生肉①	2013/11/26	76.00	65.00	14.5	2)
猪生肉②	2015/12/17	★1700.00	★1300.00	23.5	2)
猪生肉③	2016/2/22	★1200.00	★1100.00	8.3	2)
平均		992.00	821.67	15.4	
標準偏差		831.74	662.88	6.2	

表9 「猪生肉・しゃぶしゃぶ」によるセシウム137の減少率 (n=3)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「しゃぶしゃぶ」後の含量(Bq/kg)	減少率(%)	分析施設
猪生肉①	2013/11/26	76.00	62.00	18.4	2)
猪生肉②	2015/12/17	★1700.00	★1400.00	17.6	2)
猪生肉③	2016/2/22	★1200.00	★1000.00	16.7	2)
平均		992.00	820.67	17.6	
標準偏差		831.74	686.79	0.7	

表10 「1日分の食事」によるセシウム137の減少率 (n=5)

食品名	採取日	下処理前含量(Bq/kg)	「調理」後の含量(Bq/kg)	減少率(%)	分析施設
1日献立①	2012/11/23	6.20	1.80	71.0	2)
1日献立②	2013/3/1	0.22	0.09	59.1	1)
1日献立③	2013/5/24	3.90	ND<-1.00	74.4	2)
1日献立④	2013/11/17	3.28	0.96	70.7	1)
1日献立⑤	2014/6/1	3.10	2.50	19.4	2)
平均		3.34	1.27	58.9	
標準偏差		2.14	0.92	22.8	

Ⅲ-4. 下処理法別セシウム137の平均減少率

下処理法別セシウム137の減少率を示したものが図9である。下処理法によって減少率が異なっていた。

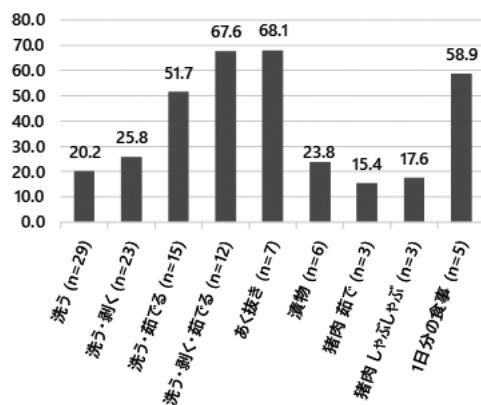


図9 下処理別・調理セシウム137の減少率 (%)

Ⅳ. 考察

福島第一原子力発電所の事故発生から11年が経過し、森林においては放射性セシウムが土壌に沈着し、落葉層から鉱質土壌層へと下層に移動するが、我が国ではこれらの層が酸性土壌であるため陽イオンの溶脱が起こりやすいためより移動が速く、また、降雨量が多いなどの影響で下層移行の速度が早い¹²⁾とされている。また、除染も丁寧に行われたことにより放射性セシウムが宅地では60%、農地では59%、森林では30%、道路では44%減少したと環境省より報告されている¹³⁾。森林以外の土壌では除染・土地活用・人間活動などで下方移行が速く進み、耕作放棄の水田の土壌表面の放射性セシウム濃度は事故直後の3%にまで減少した。これらの放射能濃度低減などが空間線量率の減少の要因となっているとされ、チェルノブイリに比べ放射性セシウム含量は大幅に速く低減していると考えられている¹⁴⁾。人体への影響からみると非常に喜ばしい事である。

食品についても、収穫時の抜き取り検査についての環境省の報告では、乳類は2011年から、肉類は2013年から、米・野菜・果物・豆類・海水魚は2019年から基準値超過は1検体も認められていなかったが、野生きのこ・山菜・野生鳥獣・淡水魚については超過品目がみられ、引き続き検査・出荷制限が必要とされている¹⁵⁾。

また、食品に関しては、筆者らが2012年から2021年の間に不定期に採取した4品目の採取時の放射性セシウム137含量は、多い年度でわらびが2013年において51Bq/kg、ふきにおいて2014年で20Bq/kg、こしあぶらは2013年で1500Bq/kg、猪肉は2015年において1700Bq/kgと極めて多い含量を示していたが、10年後の

2021年は基準値の範囲にまで減少していた¹¹⁾。

食品の安心・安全の面からこれらの制御の他、調理の下処理による放射性物質の減少率を明らかにすることは有用な情報と考えた。調理の下処理による放射性物質への影響に関する報告は少ない^{16) 17) 18) 19)}。

本調査で、リンゴ・じゃがいもの下処理による放射性セシウム137の動態を調べた結果、下処理で廃棄される洗い水・皮部分・茹で汁中に放射性セシウムの存在を証明することができ、下処理による放射性セシウムの減少を示すことが出来た。

本調査の下処理前後の放射性セシウム含量の測定結果では、下処理前の含量が多い試料の減少率が大きい傾向はみられたものの、同じ食品の同じ下処理方法においても減少率がばらついていたため、本報告では放射性セシウム137の下処理による減少率は下処理法別の平均値で報告することとした。

「洗う」の下処理を行った15品目29試料の減少率は平均21.2%であった。食品表面に付着したセシウム137やセシウム137を含んだ土の付着が「洗う」により除かれた結果によるものと考える。「洗う・むく」を行った11品目23試料の減少率の平均は25.8%となり、表面の付着分と食品の表面近くの部分に含まれているものの合計といえる。「洗う・茹でる」を行った9品目15試料の主に葉菜の食品は51.6%であった。放射性セシウムは元素周期表の1族に分類される物質であるため、食品の下処理においてもカリウムと同様に加熱によって細胞膜が破壊され、セシウム137が茹でるに水に溶出しているものと考えられる²⁰⁾。これらの結果より「茹でる」下処理はセシウム137摂取予防として有意義な方法と言える。主に根菜・いも類で行った「洗う・むく・茹でる」の下処理による放射性セシウムの減少率は平均値で67.6%であった。茹でることによりセシウムの減少率が高くなっていると考えられる。山菜7試料を「アク抜き」した減少率の平均は68.1%であった。加熱による細胞膜の破壊に加え、重曹による組織の軟化や水さらしの操作が減少率の高い要因²¹⁾と考えられる。この報告で鍋師裕美らはアク抜きによる放射性セシウムの減少率が80%であったと報告しており、この報告と比較すると本実験での結果は低いが、茹で時間やさらし時間の下処理の操作の違いによるものと考えられる。「漬物」では減少率は平均23.8%で「洗う・むく・

茹でる」処理と比較すると低いと言えた。漬けることによる組織からのセシウムの溶出は少なかったと言えた。

猪肉の「茹で」は3試料で15.4%、「しゃぶしゃぶ」は3試料で17.6%の減少率であった。これらの下処理は加熱操作をしているが、「茹で」は塊のまま茹でているため肉表面のたんぱく質が凝固し、細胞内セシウムを溶出できていないものとする。しゃぶしゃぶはわずかに減少率が高い結果であった。しゃぶしゃぶの操作の時間内では細胞膜の崩壊や内容物の溶出まで至っていないか、加熱による表面の凝固によるものか、今後の検討が待たれる。猪肉では調査期間の試料中の放射性セシウム量が多かった事もあり、食品の安全基準である100Bq/kgを満たすことが出来なかった。1日の食事を同一献立で調理した調理前後の減少率は58.6%であり、調理操作によって半量以上が減少していた。1日の食事の調理前セシウム平均量は3.34Bq/kgと国の安全基準値の100Bq/kgを大きく下回っていた。本調査を実施した2011年から2016年は、試料を収集した福島県双葉郡川内村で、食品は県外産を入手。あるいは採取食品でも測定後100Bq/kgを超えていた場合出荷制限がなされていたなど、極めて厳密な制御がなされていた。調理後の食事中の含量は1.27Bq/kgと国の安全基準値の100Bq/kgを大きく下回っており、安全に食することが出来る事が示された。小泉昭夫・原田浩二らの2012年に実施された同村の陰膳法による食事調査結果では、1日の食事から摂取する放射性セシウム量は1.054Bqで基準量の1/24量であったと報告されており、²²⁾本調査結果も同様の結果と言えた。本調査は結果のバラツキが大きい等の問題は認めらるが、調理の下処理法別の減少率の平均値で見ると妥当な結果が得られ、放射能の影響に対する有益な情報が提供できたと考えられる。

V. 要約

2011年8月から2016年2月の期間、福島県双葉郡川内村で生産または購入・入手した食品の放射性セシウム137の調理の下処理法別減少率を調べ、平均値で以下の結果を得た。

1. 山菜・果物・野菜の下処理法別平均減少率は、「洗う」20.2%、「洗う・むく」25.8%、「洗う・茹でる」51.7%、「洗う・むく・茹でる」67.6%、「アク抜き」68.1%、「漬物」

- 23.8%, 猪肉「茹でる」15.4%, 猪肉「しゃぶしゃぶ」17.6%であった。
2. 1日の食事の調理による減少率は平均58.9%であった。
3. 下処理・調理により含量は減少し、下処理法によって減少率は異なっていた。
4. 放射能の影響に対する有益な情報が提供できたと考える。

謝辞

調査にあたり、資料採取などにご尽力いただいた福島県川内村のY御一家の方々、分析を行っていただいた京都大学医学研究科、北陸環境科学研究所、集計等にご協力いただいた林京子氏に深謝いたします。

参考文献

- 1) 環境省：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成28年度版, HTML形式)第2章 放射線による被ばく2.2 原子力災害原発事故由来の放射性物質 <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h28kisoshiryo/h28kiso-02-02-04.html> (2021年8月30日)
- 2) 福島県：食品中の放射性セシウムの基準値(H24年4月1日～) <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/21045e/shoku-radi-kijyunti.html> (2021年8月30日)
- 3) 桑守豊美・宮地洋子・桑守正範他：福島県川内村産食品の放射性セシウム137の調理の下処理前の含量および下処理による減少率 仁愛大学研究紀要 人間生活学部篇 第6号 2014 15-20
- 4) 環境省：環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書>令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書>状況>第1部>第4章 東日本大震災からの復興と環境再生の取組>第1節 放射性物質汚染からの環境回復の状況 <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r01/html/hj19010401.html> (2021年9月6日)
- 5) 環境省：放射性物質汚染廃棄物とは放射性物質汚染対処特措法・ガイドライン http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/guidelines/ (2021年8月30日)
- 6) 農林水産省：基本政策 東日本大震災に関する情報 除染について「農地除染対策の技術書」について <https://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/> (2021年8月30日)
- 7) 福島県：放射線と除染>各市町村の除染実施状況>各市町村の除染実施状況 <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/progress.html> (2022年9月24日)
- 8) 農林水産：福島県における自動車走行サーベイモニタリング <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-soukou.html> (2022年9月24日)
- 9) 環境省：除染情報サイト 福島県川内村 <http://josen.env.go.jp/area/details/kawauchi.html> (2022年9月24日)
- 10) 福島県：福島県放射能測定マップ <http://fukushima-radioactivity.jp/pc/> (2022年9月24日)
- 11) 桑守豊美・宮地洋子・桑守正範他：福島県および川内村で採取した食材4品目の放射性セシウム134・137含量の10年間の推移 仁愛大学研究紀要 人間生活学部篇 第13号 2021 39-46
- 12) 今村直広：日本の森林土壌における放射性セシウムの鉛直移動 <https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2021/20210122-01.html> (2021年8月30日)
- 13) 環境省：除染特別地域における進捗の結果 <http://josen.env.go.jp/area/index.html> (2022年9月22日)
- 14) 恩田裕一・吉村和也・脇山義史：福島第一原発事故で放出された放射性物質の陸域環境中の動き～チェルノブイリより環境回復は大幅に速い <https://www.jaea.go.jp/02/press2020/p20102801> (2021年8月23日)
- 15) 環境省：放射線による健康影響等に関するポータルサイト ①食品中の放射性物質に関する検査結果 https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/digest/food/detail_001.html (2022年9月6日)
- 16) MashchenkoNP, MurashkoVA：原子力発電所の事故による放射線被曝と放射線防護, キエフ, 1992
- 17) ウラジーミル・ハベンコ(ベルラド放射能安全研究所)：自分と子どもを放射能から守るには, 世界文化社, 2011
- 18) (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：食品の調理・加工による放射性核種の除去率—我が国のホウシャセイセシウムの除去率データを中心に, 環境パラメーター・シリーズ 4増補版 2013 pp23-91
- 19) 八戸真弓・濱松潮香：食品の加工・調理における放射性セシウムの除去 JATAFEジャーナル3(9)2015, 35-40RADIOISOTOPES, 65 45-58
- 20) 小野房子・大松孝樹：食品中ナトリウムおよびカリウム含有量の調理による影響(第1報) 栄養学雑誌 1975 19-23
- 21) 鍋師裕美・堤 智昭, 等：調理による牛肉・山菜類・果実類の放射性セシウム濃度及び総量の変化 RADIOISOTOPES, 65, 2016, 45-48
- 22) Koji Harada, Akio Koizumi et al :Radiation dose rate now and in the future for residents neighboring restricted areas of the Fukushima Daiiti Nuclear power plant PNAS 111 (10) E 2014 914-923 (2022年9月24日)