

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

桑守 豊美¹⁾ 宮地 洋子²⁾ 桑守 正範³⁾ 原田 澄子⁴⁾ 大森 聡⁴⁾ 原田 浩二⁵⁾ 小泉 昭夫⁵⁾

¹⁾ 仁愛大学人間生活学部 ²⁾ 元山形県立米沢女子短期大学

³⁾ 美作短期大学 ⁴⁾ 富山短期大学 ⁵⁾ 京都大学

Radioactive Cesium 137 Contents and Their Reduction under Process of Cooking in Food Products Cultivated in Kawauchi, Fukushima Prefecture

Toyomi KUWAMORI¹, Yoko MIYAJI², Masanori KUWAMORI³, Sumiko HARADA⁴
Satosi OOMORI⁴, Koji HARADA⁵, Akio KOIZUMI⁵

Jin-ai University, Yonezawa Women's Junior College of Yamagata Prefecture,
Mimasaka Junior College, Toyama Junior College, Kyoto University

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、近隣地区の人々は放射性物質による被曝が考えられた。食品中の放射性物質の含量についての報告は多くなされているが、調理の下処理による放射性セシウム 137 の変化についての報告はほとんど見られない。

本報では福島県双葉郡川内村産の 17 食品 31 試料の放射性セシウム 137 の調理下処理前の含量と、これらを 5 つの下処理法の 1 または 2 方法を行った 34 試料の下処理後の含量を測定し、減少率を算出した。下処理前の含量では、きのこ 4 品、山菜 5 品、果物 5 品、野菜 17 品の順に平均 158.11, 15.89, 12.89, 2.36Bq/kg であった。料理の下処理後の減少率は、根菜ときのこの 7 試料の「洗う」では平均 6.9%、果物と根菜の 11 試料の「洗う・むく」は 12.5%、根菜 7 試料の「洗う・むく・茹でる」は 74.4%、葉菜 5 試料の「洗う・茹でる」は 75.2%、山菜 7 試料の「アク抜き」は 74.3% であった。

キーワード: 放射性セシウム 137, 福島県川内村産食品, 調理下処理前含量, 調理下処理による減少率, 2012 年 6 月～2013 年 5 月

I はじめに

2011 年 3 月 11 日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、近隣地区の人々は放射性物質が食品に付着・内在したものを食事として摂取する事による内部被曝が考えられた。食品の放射性物質の含量については農林水産省などの測定結果は多く報告されているが、調理の下処理による変化についての報告は現在においてもほとんど見られないため、調理の下処理による減少率を明らかにすることによって、食の安心・安全に寄与したいと考えた。

本研究では食品の試料毎の下処理前の放射性セシウム含量と、食品をきのこ、山菜、果物、野菜に分け、野菜をさらに果菜、葉菜、根菜に区分し、各食品群に日常行われている、山菜は「アク抜き」、葉菜は「洗う・

茹でる」などの下処理を行った後の含量を測定した。

本報告では 31 試料個々の調理の下処理前のセシウム 137 の含量、調理の下処理前後の含量から、34 試料個々の減少率、および 5 つの下処理法別の平均減少率を算出した結果を報告する。

II 方 法

1 食品の採取時期

2012 年 6, 7, 8, 10, 11 月, 2013 年 3, 5 月の 7 時期

2 食品の採取場所

福島県双葉郡川内村 横田正義氏所有の畑、山を中心に横田家の方々に採取してもらった。

福島県の放射能による居住区分を地図 1, 2 に示す。



地図 1



地図 2

3 調理の下処理前後の試料の調整

本報告では 17 食品 31 品を下処理前の試料, 34 品を下処理を行うための試料として, いずれも調整後約 1kg となるよう四分位法によって分け, 試料の調整を採取日に筆者等が川内村の横田氏宅の納屋, および併設の流しで行った。

下処理前の試料は山菜, きのこと, 果物, 果菜はそのまま, 葉菜は根・外葉を除き, 根菜はじゃが芋以外は洗った後試料とした。

調理の下処理はきのこは「石付きを取る」・「洗う」, 胡瓜, 茄子は洗った後, 各々「両端を解く」, 「へた取」を行った。果物は「洗う」・「皮むき, 種・へた取」を行った。根菜, トマトは「洗う」の他トマトは「湯むき」, 根菜は「皮むき」を行った。葉菜は「洗う」・「茹でる」, 山菜は「アク抜き」を行い, 下処理後の試料とした。なお, 「洗う」は流しの水 3L を用いて, 1L ずつで 3 回洗った。「茹でる」は各試料を 1cm の厚さにきり, 1.5L の水を加え, ホースノンガスコンロで柔らかくなるまで茹でた。アク抜きは 1.5L に重炭酸ナトリウム 3g を入れ, 約 4 分間茹で, 2 時間放置した後 1 時間流水又は水を変えながら浸漬し, アクを抜いた。

各々の試料をエフ・エム・アイ株式会社の ROBOTCOUPE MAGIMIXRM-4200-V で粉碎し, 1kg 強をジップ付きナイロン袋にいれ, 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

の小泉昭夫教授の研究室に送り, 測定まで摂氏 0 度の冷蔵庫で保管してもらった (写真 1,2,3,4)。



写真 1 試料の調整



写真 2 試料の調整



写真 3 試料の調整



写真 4 試料の調整

4 放射性セシウム 137 量の測定

セシウム 137 の測定は京都大学の同上研究室で, 原田浩二准教授に γ 線スペクトロメーター (ゲルマニウム半導体検出器) 法で 30,000 ~ 50,000 秒間分析してもらった。測定下限値は 0.03Bq/kg である (写真 5, 6)。



写真 5 試料の測定



写真 6 試料の測定

III 結 果

1 下処理前の試料のセシウム 137 の含量

下処理前の 31 試料のセシウム含量では, きのことの含量 (表 1-1) は山で採取したうしこ茸が 446.73Bq/kg と多い量であり, 家の裏山で採取したしいたけ, 舞茸は 40.74 から 99.48 で, 平均 158.11 Bq/kg あった。山菜の含量 (表 1-2,) はワラビの 1 試料が 51.41

Bq/kg あったが、他は 0.64 ～ 11.67 で平均 15.89Bq/kg であった。果物（表 1-3、）も 1 試料が 45.64 Bq/kg 認められたが、その他は 2.14 ～ 8.46 で平均 12.89 Bq/kg であった。野菜の含量（表 1- 4、）は 0.34 ～ 6.60 Bq/kg で、その中ではじゃがいも、ほうれん草、春菊は多い含量と言えたが平均 2.36 Bq/kg であった。なお、今回下処理に用いた水のセシウム量は不検出 ND (< 0.03) であった。

表 1-1 下処理前のきのこのセシウム含量

食品名	採取日	セシウム量 (Bq/kg)
うしこ茸	2013/3/1	446.73
しいたけA	2013/3/1	99.48
しいたけB	2012/11/23	45.54
マイタケ	2012/10/6	40.71
平均		158.11
標準偏差		194.24

表 1-2 下処理前の山菜のセシウム含量

食品名	採取日	セシウム量 (Bq/kg)
フキA	2012/6/18	11.61
ワラビA	2012/6/18	4.13
ワラビC	2013/5/26	51.41
ワラビD	2013/5/26	11.67
ワラビE	2012/6/25	0.64
平均		15.89
標準偏差		20.42

表 1-3 下処理前の果物のセシウム含量

食品名	採取日	セシウム量 (Bq/kg)
紅玉(リンゴ)	2012/11/23	8.46
ふじ(リンゴ)	2012/11/23	5.89
カキA	2012/10/7	2.32
カキB	2012/11/3	45.64
カキC	2012/11/3	2.14
平均		12.89
標準偏差		18.50

表 1-4 下処理前の野菜のセシウム含量

食品名	採取日	セシウム量 (Bq/kg)
キュウリA	2012/7/17	0.34
トマトA	2012/8/8	0.81
トマトB	2012/8/8	0.63
ニンジン	2012/8/1	0.86
ニンジンA	2012/8/8	3.38
ニンジンB	2013/3/1	0.81
サトイモ	2012/8/1	1.35
ダイコンB	2012/8/1	0.43
ジャガイモA	2012/6/18	5.12
ジャガイモB	2012/8/8	3.02
ジャガイモC	2012/7/17	4.88
ホウレンソウ	2012/7/17	5.89
シュンギク	2012/7/17	6.60
春菊	2012/11/23	1.81
ハクサイ	2012/8/1	2.11
白菜	2012/11/23	0.91
ナス	2012/8/8	1.14
平均		2.36
標準偏差		2.07

2 試料個々の下処理, および下処理法別

放射性セシウム 137 量の減少率

「洗う」下処理を行った果菜 3 試料, きのこ 4 試料

の計 7 試料の減少率（表 2）は -15 ～ 41% あった。「洗う」・「剥く」の下処理を行った果実 5 試料, 果菜 2 試料, 根菜 4 試料の合計 11 種の減少率（表 3）は -52 ～ 57%, 「洗う」・「抜く」・「茹でる」の下処理を行った根菜 7 試料の減少率（表 4）は 49 ～ 93%, 「洗う」・「茹でる」の下処理を行った葉菜 5 試料の減少率（表 5）は 59 ～ 87%, 「アク取り」の下処理を行った山菜 7 試料の減少率（表 6）は 43 ～ 96% であった。なお, 下処理後の含量で不検出の値は下限値を用いた。

表 2 「洗う」によるセシウム 137 の減少率

食品名	測定日	Bq/kg-wet		減少率	備考
		そのまま	洗う		
キュウリA	2012/7/17	0.34	0.40	-15.3%	
キュウリB	2012/7/17	0.34	0.35	-0.4%	
ナス	2012/8/8	1.14	0.67	41.3%	
シイタケA	2013/3/1	99.48	95.85	3.6%	
シイタケB	2012/11/23	45.54	40.87	10.3%	
マイタケ	2012/10/6	40.71	40.94	-0.6%	
ウシコダケ	2013/3/1	446.73	405.57	9.2%	
平均値		90.61	83.52	6.9%	
標準偏差		161.1	146.2	17.4%	

表 3 「洗う」・「むく」によるセシウム 137 の減少率

食品名	測定日	Bq/kg-wet		減少率	備考
		そのまま	洗う・むく		
紅玉(リンゴ)	2012/11/23	8.46	12.84	-51.7%	
ふじ(リンゴ)	2012/11/23	5.89	6.14	-4.2%	
ニンジンA	2012/8/8	3.38	2.69	20.4%	
ニンジンB	2013/3/1	0.81	0.35	57.0%	
トマトA	2012/8/8	0.81	0.58	27.8%	
トマトB	2012/8/8	0.63	0.48	23.5%	
ダイコン	2012/8/8	0.73	0.55	25.2%	
サトイモ	2012/8/1	1.35	0.70	48.3%	
カキA	2012/10/7	2.32	2.34	-0.9%	
カキB	2012/11/3	45.64	37.89	17.0%	
カキC	2012/11/3	2.14	2.67	-24.6%	
平均値		6.56	6.11	12.5%	
標準偏差		13.2	11.2	31.3%	

表 4 「洗う」・「むく」・「茹でる」によるセシウム 137 の減少率

食品名	測定日	Bq/kg-wet		減少率	備考
		そのまま	洗う・むく・茹でる		
ダイコンA	2012/8/8	0.73	0.16	78.1%	ND(<0.16)
ダイコンB	2012/8/1	0.43	0.22	48.9%	
ニンジン	2012/8/1	0.86	0.34	60.0%	
サトイモ	2012/8/1	1.35	0.22	83.7%	ND(<0.22)
ジャガイモA	2012/6/18	5.12	0.86	83.2%	
ジャガイモB	2012/8/8	3.02	0.78	74.1%	
ジャガイモC	2012/7/17	4.88	0.36	92.7%	
平均値		2.34	0.42	74.4%	
標準偏差		2.0	0.3	15.1%	

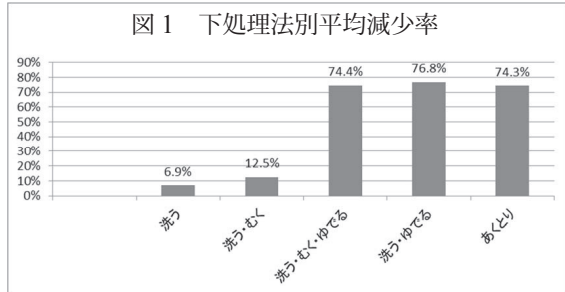
表 5 「洗う」・「茹でる」によるセシウム 137 の減少率

食品名	測定日	Bq/kg-wet		減少率	備考
		そのまま	洗う・茹でる		
ホウレンソウ	2012/7/17	5.89	0.91	84.5%	
シュンギクA	2012/7/17	6.60	1.11	83.2%	
シュンギクB	2012/11/23	1.81	0.53	70.5%	
ハクサイA	2012/8/1	2.11	0.28	86.6%	
ハクサイB	2012/11/23	0.91	0.37	59.1%	ND(<0.37)
平均値		3.46	0.64	76.8%	
標準偏差		2.6	0.4	11.7%	

表 6 「アク取り」によるセシウム 137 の減少率

食品名	測定日	Bq/kg-wet		減少率	備考
		そのまま	あくとり		
フキA	2012/6/18	11.61	0.52	95.5%	
フキB	2012/6/18	11.61	4.52	61.1%	
ワラビA	2012/6/18	4.13	0.99	75.9%	
ワラビB	2012/6/18	4.13	0.58	85.9%	
ワラビC	2013/5/26	51.41	29.05	43.5%	
ワラビD	2013/5/26	11.67	1.78	84.7%	
ワラビE	2012/6/25	0.64	0.17	73.3%	ND(<0.17)
平均値		13.60	5.37	74.3%	
標準偏差		17.3	10.5	17.4%	

次に、5方法の下処理法別の平均減少率を図1に示した。「洗う」の下処理減少率の平均は6.9%、「洗う・むく」は12.5%、「洗う・むく・茹でる」74.4%、「洗う・茹でる」76.8%、「アク抜き」74.3%であった。



IV 考 察

2011年3月の東日本大震災は原子力発電所の事故をも招き、未曾有の大災害となり、原発事故から3年半以上経過した現在でも放射性物質汚染が問題視されている。

筆者等は放射能汚染による食品の調理の下処理による減少率を明らかにし、公表することも食品の安全・安心の面から、被災された方々への支援の1つになると考え、本研究に取り組んだ。

食品の採取を行った福島県双葉郡川内村は地区の約 $\frac{1}{3}$ は放射線量が20ミリシーベルト/年(mSv/y)で避難解除居住区域であるものの、 $\frac{2}{3}$ の面積は居住区域となっており、2012年4月に帰村宣言がなされ、2012年は約3000人の村民のうち約800人が帰村されていた。農作物の栽培はなされていたが、食事として摂取される場合はすべて村に常設されている放射能測定器で測定し、2012年4月からのセシウムの基準値である100ベクレル(Bq/kg)以下であることを確認した後摂取されていた。しかし、住民の方の実際の食事はスーパーなどで県外産の食品を購入されている場合が多いとのことであった。

2012年小泉昭夫・原田浩二氏等の川内村の住民を対象とした陰膳法による食事調査結果では一日の食事に含まれる放射性セシウム137量は0.21~6.6Bq/kg、平均0.67Bq/kgと報告¹⁾されており、このことを裏付けていると考える。

以下に参考として、放射能に関する事柄^{2), 3)}を述べる。

<参考>

○主な放射性物質名とその半減期

ヨウ素131:8日 セシウム134:2.1年

セシウム137:30年 ストロンチウム:29年

○単位 ベクレル(Bq):放射能の強さ

シーベルト(Sv):放射能によるの影響の度合い

○BqをSvに換算する場合の計算式(口から摂取した場合)

成人の計算例(セシウムが500Bq含まれている食品を1kg摂取した場合)

$$500\text{Bq/kg} \times 1\text{kg} \times$$

$$0.000013(\text{実効線量係数}) = 0.0065\text{mSv}$$

セシウムの年齢別実効線量係数($\mu\text{Sv/Bq}$)

0-1歳:0.021, 1-2歳:0.012, 2-7歳:0.0096

7-12歳:0.010, 12-17歳・17歳以上:0.013,

○食品からの被曝線量の上限:1mSv/年

○セシウム量の基準値(H24年4月~)

一般食品:100Bq, 乳児用:50Bq,

牛乳:50Bq, 飲料水:10Bq

調理による放射性物質の減少に関する報告はベラルーシのベラルド放射能安全研究所の調理の下処理によって放射性物質が減量する報告^{4), 5)}や、1994年我が国の原子力環境整備センターから「食品の調理・加工による放射性核種の除去率」において、セシウムについては春菊、ほうれん草のお浸しでは50~80%除去されると報告⁶⁾されている。また、広井勝氏等は2014年の日本家政学会の北海道・東北支部会で「タケノコは茹でることにより50%以上セシウムが除去された。」と報告⁷⁾されている。しかし、食品の各種調理の下処理による放射性セシウムの減少率についての報告は殆どない。

本報告では2012年6月から2013年5月の間の7時期に採取して頂いた下処理前の17食品31試料のセシウム137の含量と、それらを「洗う」、「洗う・皮などを除く」、「洗う・むく・茹でる」、「洗う・茹でる」、「アク抜き」の5つの下処理法で処理した34の試料の下処理後の含量を京都大学の環境衛生学分野の

研究室で測定して頂いた。下処理前と下処理後の個々の試料の減少率と 5 つの下処理法の平均減少率を報告する。

また、本報告は食品の採取時期の一部が、災害後 2 年以上経過しており、セシウム 134 は半減期が 2.1 年であるため³⁾ セシウム 137 の量のみの報告とした。

調理の下処理前のセシウム 137 の含量は山で採取されたうしこ茸は 446.73Bq/kg と多く、基準値を大きく上回っていた。農林水産省などの報告でもきのこ類は多いとされているが、本調査でも同様の事が言えた。川内村では山の表面も田畑の表面も 1000Bq 以上であると言われていたが、山からの採取食品にセシウム 137 量が多い理由として田畑は窒素、リン酸、カリなどの肥料を散布しているため、それらの成分と競合しセシウム含量が少ないと推測されている。家の裏山や周辺で収穫されたきのこは 40.71 ~ 99.48Bq/kg と山での採取に比べると少なかったが、平均では 158.11 Bq/kg となった。山菜は 1 試料の含量が多かったが 0.64 ~ 51.41Bq/kg で平均 15.89Bq/kg、果物も 1 つの試料で多く、購入したリンゴも比較的多く、2.14 ~ 45.64Bq/kg で、平均 12.89Bq/kg であった。きのこ、山菜、果物に含量が多いと言われているとおり、本研究結果でも同様の事が言えた。野菜では、ほうれん草と春菊、じゃがいもが 5Bq 前後含まれていた。わずかではあるが土がついていたためと考える。その他の果菜や洗った根菜は 0.34 ~ 6.60Bq/kg とセシウム 137 は少ない量であり、平均では 2.36Bq/kg であった。

次に調理の下処理として、果菜 3 試料ときのこ 4 試料の 7 試料を「洗う」の下処理を行った減少率は 1 試料が増加していた。試料の調整上の誤差に起因したものと考える。平均減少率は 6.9% であった。洗うことによる表面に付着したセシウムの除去率は少ないと言えた。

果物、果菜を「洗う、むく・芯をとる」の下処理を行った平均減少率は根菜では 6 試料とも減少していた。しかし、果物は逆に数値は増加していた。この点も試料の調整上の誤差に起因したものと考える。平均では 12.5% の減少率であった。「洗う・むく」の下処理のみで摂取する場合、果肉のセシウムは摂取することになると言えよう。

根菜 7 試料を「洗う・むく・茹でる」の下処理を行ったセシウムの平均減少率は 74.4% であった。セシウムは元素周期表の 1 族であるカリウム (K) と類似した動態をとる成分であるため、細胞内に多く分布し、食品に含まれる K も調理の「茹でる」ことによって平均 50% 失われるとされている。加熱することで細胞が破壊され、セシウムが減少すると考える。

葉菜 5 試料を「洗う・茹でる」の下処理を行った結果、平均減少率 76.8% と 5 つの下処理法のなかでは一番多く減少していた。葉菜は葉が薄く、中の細胞まで細胞が破壊され、茹で水に溶出するためと考える。山菜 7 試料を「アク抜き」の下処理を行った平均減少率は 74.3% であった。アク抜きの際の加熱時間は根菜などに比べて短いものの、重炭酸ソーダを加えること、消火後放置すること、流水でアクをとるなど組織の破壊が起こり、溶出し、減少率が高いものと考えられる。

今回の研究で川内村で生産または採取された食品の下処理前のきのこ、山菜、果物には 1 試料ずつセシウム量の多いものが認められたが、平均では順に 158.11, 15.89, 12.89Bq/kg であった。野菜の下処理前は平均 2.36Bq/kg であった。また、調理の下処理によってセシウム 137 は減量し、下処理の方法によって減少率は異なることが示唆されたと考えている。

セシウムの測定は高価な機械、さらに、何よりも多くの人手と時間を要するため、現在もなお、多く研究がなされていないものと考えられる。

本研究は食品・試料の選定の仕方、下処理前及び下処理後の試料の調整の仕方など不備な点があると言えるが、調理の下処理前のセシウム含量、および下処理によって起こるセシウム量の変化をとらえた実際の値として意義のある結果と考えている。

今後、料理の下処理の途中の段階である「廃棄分」「洗い水」、「皮・種」、「茹で水」も含めた調理作業によるセシウムの動態について纏めるとともに、1 つの食品について「洗う」、「洗う・むく」、「洗う・剥く・茹でる」、または「洗う」、「洗う・茹でる」の下処理を行った場合のセシウム量 137 の減少率を比較するなどの観点で測定値の分析を行い、研究結果を被災地の方々に役立つものにしたいと考えている。

V まとめ

2011年3月福島第一発電所は事故に見舞われた。福島県双葉郡川内村で生産された食品と、キノコ・山菜を2012年3月から2013年5月の間の7時期に採取した17食品、31試料の調理の下処理前と、これらを5方法のいずれかで下処理した後の34試料のセシウム137含量を、 γ 線スペクトロメーター（ゲルマニウム半導体検出器）法で分析し、以下のことが言えた。

1) 31試料の下処理前の平均セシウム137含量は、きのこは158.11Bq/kg、山菜は15.89Bq/kg、果物は12.89Bq/kgと多く認められたが、野菜は2.36Bq/kgであった。

2) 調理の下処理によるセシウム137の減少率は、果菜・きのこの7試料の「洗う」の下処理を行った平均減少率は6.9%、果物・果菜・根菜11試料の「洗う・むく」は12.5%、根菜7試料の「洗う・むく・茹でる」は74.4%、葉菜5試料の「洗う・茹でる」は76.8%、山菜7試料の「アク抜き」は74.3%であった。

3) セシウム137は調理の下処理によって減少し、下処理方法によって減少率は異なることが示唆された。

本研究は2012, 2013, 2014年度の仁愛大学共同研究費助成を受けて実施した。

また、本研究の一部はThe 6th Asian Congress of Dietetics および中部人間学会第13回大会で発表した。

VI 謝 辞

本研究にあたり、試料の提供、試料調整の場所の提供など多大なご協力を頂きました横田正義様御一家、大変な労力と時間をかけて測定をして頂きました京都大学の小泉昭夫教授、原田浩二準教授、本研究にご支援頂きました仁愛大学に深謝致します。

参考文献

- 1) 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)E914-923 (2014)
- 2) 別冊宝島編集部編：世界一わかりやすい放射能の本当の話 宝島社 (2011)
- 3) 伊藤準也：世界一わかりやすい放射能の本当の話—子どもを守る編 宝島社 (2011)
- 4) MashchenkoNP, MurashkoVA：原子力発電所の事故による、放射線被爆と放射線防護 キエフ (1992)
- 5) ウラジーミル・ハベニコ (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)
- 6) 原子力環境整備センター：食品の調理・加工による放射性核種の除去率 (1994)
- 7) 広井勝ほか：福島県産山菜の放射性セシウム濃度について 日本家政学会 北海道・東北支部総会抄録集 p 8 (2014)