

切り干し大根の放射性物質による二次汚染とその要因

Contamination of “Kiriboshi-daikon (dried strips of radish)” by radioactive materials

生産環境部 関澤春仁 山下慎司¹ 丹治克男
 学習院大学理学部 村松康行

¹現 ハイテクプラザ会津若松技術支援センター

条件の異なる場所で切り干し大根の加工試験を行った結果、切り干し大根の放射性セシウム濃度は加工場所によって大きく異なり、塵の付着が多いほど放射性セシウム濃度が高くなった。また、加工場所と空間線量に相関はなかったが、加工する高さが低いと塵の付着が多く、放射性セシウム濃度が高くなることが確認された。また、加工時の二次汚染を推定するため、水盤、粘着リボン、エアサンプラーを用いて加工環境中の放射性物質を測定したところ、水盤と切り干し大根の放射性セシウム濃度に高い相関があり、また、粘着リボンが不検出であれば切り干し大根も不検出であることが確認された。このことから、水盤や粘着リボンを用いることで、加工場の二次汚染が推定できることが示された。一方エアサンプラーと切り干し大根の放射性セシウム濃度に相関はなかった。

切り干し大根の加工においては、加工中に塵が付着しないようにすることが重要である。

キーワード：切り干し大根、放射性セシウム、二次汚染

1 緒言

2011年3月11日の東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、日本国内の広範囲に放射性物質を拡散させ、農作物や土壌と汚染する深刻な事態を引き起こした。この事故に対し、福島県を始めとする各自治体では農林水産物のモニタリング検査や加工食品等の放射性物質検査を実施して、国の定める基準値を超える食品の流通を防ぐ対策が取られている^{1)~3)、6)}。

2011年度に実施された食品中の放射性物質検査では、生のダイコンにおいては検査した検体全てが検出限界以下であったが、乾燥加工品である切り干し大根や凍み大根においては比較的高い濃度の放射性セシウムが検出される事例が複数確認された⁴⁾。

乾燥加工においては、原料に含まれる放射性セシウムの絶対量は変わらないものの、水分が蒸発して濃縮されることによって放射性セシウム濃度は上昇する。しかし、切り干し大根においては、食品の放射性物質検査の結果を考慮した場合、原料の濃縮だけでは説明しきれず、加工中に放射性セシウムが付着する二次汚染の可能性があると推察された。

そこで我々は、ダイコン乾燥加工品の汚染経路を明らかにするため、様々な環境で切り干し大根加工を行い、原料と乾燥加工後の放射性セシウム濃度の比較を行った。その結果、切り干し大根加工時の外部からの二次汚染と加工環境の影響について知見を得たので報告する。

2 実験方法

(1) 材料

2011年に福島県内で収穫されたダイコンを試験に用いた。

(2) 切り干し大根の加工方法

材料のダイコンは流水でよく洗浄した後に剥皮し、幅5mm前後、長さ5～10cmの細切りにし、個体差のばらつきを少なくするためよく混合した。それらを木枠で囲った金網に500gずつ乗せ、風で飛ばされないように1mm目の網で上面を被い、各条件下で乾燥を行った。

(3) 加工場所の比較

加工場所による影響を比較するため、2012年2月15日～21日までの6日間、農業総合センターの敷地内6カ所、具体的には、四方の壁が無く屋根だけの「穀類乾燥棟」の東側と西側でそれぞれ1カ所、農業総合センターの風除室南側と研究棟北側の「軒下」でそれぞれ1カ所、展示圃場にある「あずまや」と「松の木の下」それぞれ1カ所ずつで、床面もしくは地面に、細切りにしたダイコンを乗せた木枠を置くようにして自然乾燥を行った(図1)。また、比較として乾燥機を用いて40℃で5時間の乾燥を行った。



図 1
 上段左 穀類乾燥棟
 上段右 軒下（風除室南側）
 中段左 軒下（研究棟北側）
 中段右 あずまや
 下段 松の木の下

(4) 加工時の高さの比較

加工時の高さの影響を比較するため、2012年2月15日～21日までの6日間、「穀類乾燥棟」の東側と西側の2カ所において、細切りにしたダイコンを乗せた木枠を0m、1m、2mの3水準の異なる高さに設置し、自然乾燥を行った（図2）。また、比較として乾燥機で40℃で5時間の乾燥を行った。

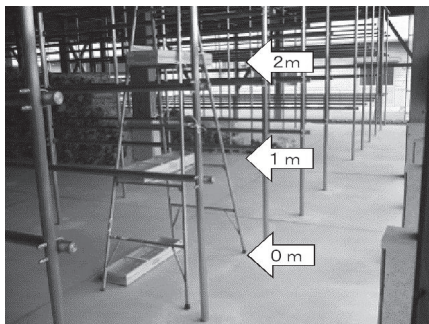


図 2 ダイコンを高さを変えて設置

(5) 加工環境中の放射性物質測定方法の比較

切り干し大根の放射性セシウム濃度と相関の高い環境中の放射性物質測定方法を明らかにするため、2012年4月10日～27日のうちの3～4日間、センターの敷地内9カ所、具体的には「穀類乾燥棟」の西側、東側、南東側、南西側で4カ所、「軒下」はセンターの風除室南側、研究棟北側、展示母屋東側で3カ所、「あずまや」と「松の木の下」それぞれ1カ所ずつで、コンテナの上（高さ31cm）に、細切りにしたダイコンを乗せた木枠と、水盤（53.2×34.9cm）および粘着リボン（カモ井、リボンハイトリ、3.8×70cm）を設置し、自然乾燥を行った（図3）。また、乾燥機を用いて40℃で5時間の乾燥を行った。さらに、後日エアサンプラー（紀本電子工業ハイボリウムサンプラ, MODEL-120SL）を各加工場所

で24時間稼働し、大気浮遊塵を収集した（図4）。

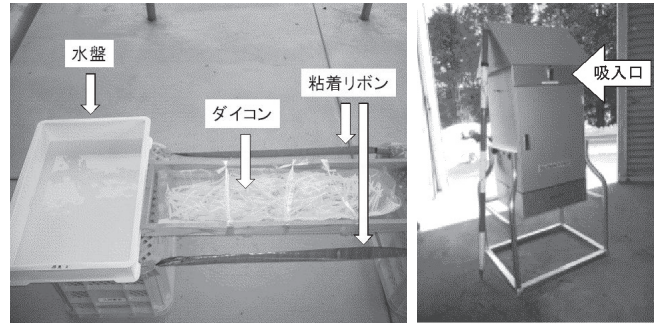


図 3 水盤と粘着リボン

図 4 エアサンプラー

(6) 放射性セシウムの測定方法

原料は細断、切り干し大根はそのままの状態ですべてU8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメータ（CANBERRA, GC3020-75200SL-2001CSL）で¹³⁴Csと¹³⁷Csの濃度を測定し、それらの合計値を放射性セシウム濃度とした。測定時間は3600～36000秒間で行った。なお、切り干し大根の測定値は重量変化率「4.0」を用いて算出し⁶⁾、有効数字3桁で表記した。

また、加工前の質量に対する加工後の重量の割合を「重量比」として算出した。

(7) 環境放射能の測定方法

環境放射能の測定方法は、NaIシンチレーションサーベイメータ（日立アロカメディカル株式会社, TSC-172）およびGMサーベイメータ（日立アロカメディカル株式会社, TGS-146）を用いて測定した。

(8) 形態観察およびイメージングプレートによる放射能分布測定

形態観察は光学顕微鏡により倍率100倍で行った。また、イメージングプレート（BAS-IP MS 2040）では6.5日間露光して放射能分布を確認した。

3 試験結果

(1) 加工場所の比較

乾燥機で加工した切り干し大根の放射性セシウム濃度は検出限界以下であった。一方、他の場所で加工した切り干し大根からはいずれも放射性セシウムが検出され、濃度は7～855 Bq/kgと大きく異なった。また、加工場所の空間線量率および表面線量と切り干し大根の放射性セシウム濃度に相関は無かった（表1）。

切り干し大根の形態観察では、放射性セシウム濃度が高いものほど多くの塵の付着が確認され、イメージングプレートで切り干し大根の放射性物質の分布を調べた結果、放射性セシウムが検出されたものでは放射性物質がスポット状に点在しており、放射性セシウム濃度が高いものほどスポットの数は多く、反応強度も強かった（図5）。このことから、

本試験においては、放射性物質が付着した塵が加工中に付着し、汚染された可能性が示された。

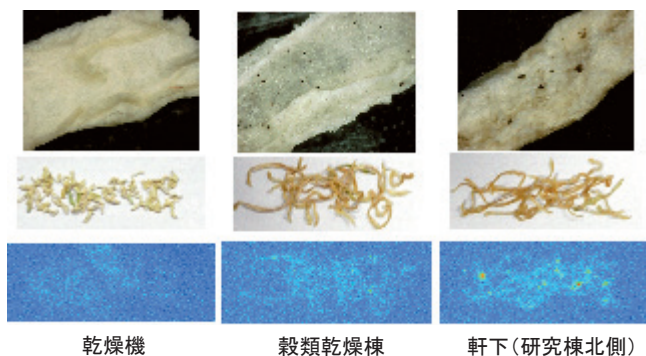


図5 切り干し大根に付着した塵と放射能分布

(2) 加工時の高さの比較

加工時の高さが床に近いほど、切り干し大根の放射性セシウム濃度は高く、また塵の付着が多い傾向にあった(表2)。

一方、NaIシンチレーションサーベイメーターやGMサーベイメーターの干し位置表面での測定値と切り干し大根の放射性セシウム濃度に相関は無かった。

なお、NaIシンチレーションサーベイメーターにおいては加工場所が高くなるほど測定値が高かったが、これは周辺環境に大きく影響されるため、コンクリートの床のような低い位置では測定値が低く、穀類乾燥棟の外部からの影響が大きくなる高い位置ほど測定値が大きくなったと考えられた。

(3) 加工環境中の放射性物質測定方法の比較

水盤への放射性セシウムの降下量と切り干し大根の放射性セシウム濃度には相関係数0.989と高い正の相関があり、切り干し大根加工中の二次汚染の評価に有効であることが示された。一方、粘着リボンの放射性セシウム濃度と切り干し大根の放射性セシウム濃度の相関は低かったが、切り干し大根で検出限界以下であればリボンでも検出限界以下であり、同じ傾向を示していた。このことから、粘着リボンでも二次汚染の有無のスクリーニング等には有効であることが示された。また、粘着リボンは様々な設置方法が可能であることから、水盤には無い利点があると考えられた(表3)。

エアサンプラーで収集した大気中浮遊塵の放射性セシウム量と切り干し大根の放射性セシウム濃度の相関は低かった。この要因としては、エアサンプラーでは切り干し大根に付着したような比較的大きな塵をサンプリングできな

かったことや、空気の吸入口が1m程度の高い位置にあること、本試験では加工と同時にサンプリングできなかったことなどが考えられた。しかしながら、一部で放射性セシウムが検出されていることから、微細な塵による汚染などを評価できる可能性は示された。より正確なデータを得るためには反復を増やすことが必要であると考えられた。

4 考察

2011年度に実施された放射性物質のモニタリング検査(当時の放射性セシウムの検出限界値は概ね20Bq/kg)では、ダイコンの放射性セシウムは検出限界以下であり、また、乾燥機で切り干し大根を加工した場合でも検出限界以下であったことから、原料のダイコンに含まれていた放射性セシウムが切り干し大根の乾燥加工によって濃縮した可能性は低いと考えられた。

一方、加工中に外部から塵の付着があると放射性セシウムが検出され、付着した塵の量が多くなると放射性セシウム濃度が高くなったことから、切り干し大根においては加工中に放射性セシウムが付着する二次汚染があった可能性が高いことが示された。特に、軒先など風が循環し易い場所や、地面に近い場所でなどは塵の付着が多くなったことから、放射性セシウムの二次汚染を防ぐためには加工場所には十分な注意が必要である。

また、加工中の二次汚染の有無を評価するため、環境中の放射性物質測定方法について検討した結果、水盤による測定が有効であることが明らかとなり、「ハエ取りリボン」などの粘着テープ等の利用もスクリーニングなどには応用できると考えられた。これらの方法は、今後、二次汚染防止対策や加工場所の選定などに利用できると考えられる。

本研究では、北側の軒下や木の根本などの極端な環境で加工を行っている。通常そのような場所では加工を行うことは少ないため、本研究のように加工中に大量の塵等が付着する可能性は高くないと考えられる。しかしながら、切り干し大根においては、原料を細切りにするために重量あたりの表面積が大きくなり、さらに乾燥の初期段階では表面が糖などの影響で塵等が付着しやすい状態となることから、他の乾燥加工品よりも二次汚染の影響を受けやすくなる。また、塵以外にも、屋根などの周辺環境が汚染されていた場合、雨が降った際のしぶきやしずくなどによっても二次汚染の可能性はあることから、屋外で加工を行う際には、周辺環境に十分注意する必要があると考えられる。

表1 加工場所と切り干し大根の放射性セシウム濃度および各地点での空間線量率

加工場所	環境	NaIシンチレーションサーベイメータ ($\mu\text{Sv/h}$)		GMサーベイメータ (cpm) 干し位置表面	放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	重量比
		干し位置表面	地上1m			
乾燥機	吹き抜け・表面コンクリート	0.35	-	-	ND(<8.00)	0.064
乾燥小屋(西側)	吹き抜け・表面コンクリート	0.35	0.46	230	70.0	0.084
乾燥小屋(東側)	吹き抜け・表面コンクリート	0.36	0.47	280	223	0.082
軒下(風除室南側)	北側に壁・表面コンクリート	0.28	0.30	220	207	0.081
軒下(研究棟北側)	南側に壁・表面コンクリート	0.5	0.60	470	855	0.085
あずまや	吹き抜け・表面コンクリート	0.6	0.90	760	87.0	0.088
松の木の下	吹き抜け・表面土	1.6	1.80	1040	55.0	0.088

表2 加工時の高さで切り干し大根の放射性セシウム濃度および各地点での空間線量率

乾燥場所	高さ	環境	NaIシンチレーションサーベイメータ	GMサーベイメータ	放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	重量比
			(μ Sv/h) 干し位置表面	(cpm) 干し位置表面		
乾燥機	-	-	-	-	ND(<8.00)	0.064
乾燥小屋(西側)	2 m	吹き抜け・表面コンクリート	0.53	250	28.7	0.081
	1 m		0.46	210	18.5	0.088
	0 m		0.35	230	70.0	0.084
乾燥小屋(東側)	2 m	吹き抜け・表面コンクリート	0.53	240	22.5	0.086
	1 m		0.47	230	41.2	0.083
	0 m		0.36	280	223.0	0.082

表3 加工環境中の放射性セシウム測定方法と切り干し大根の放射性セシウム濃度

乾燥場所	環境	放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	水盤 (Bq/m ²)	粘着リボン (Bq/kg)	エアサンプラー収集層 ($\times 10^{-3}$ Bq/kg)	重量比
乾燥機	-	ND(6.73)	-	ND(11.2)	-	0.072
乾燥小屋(東側)	吹き抜け・表面コンクリート	15.0	5.90	382	0.64*	0.070
乾燥小屋(西側)	吹き抜け・表面コンクリート	8.08	5.00	138	ND(0.74)	0.072
乾燥小屋(南東側)	吹き抜け・表面コンクリート	ND(6.98)	ND(2.20)	ND(11.2)	ND(0.93)	0.071
乾燥小屋(南西側)	吹き抜け・表面コンクリート	ND(7.30)	ND(2.00)	ND(11.9)	ND(0.91)	0.070
軒下(風除室南側)	北側に壁・表面コンクリート	11.2	8.20	317	2.13	0.072
軒下(研究棟北側)	南側に壁・表面コンクリート	60.7	33.8	443	ND(0.73)	0.069
軒下(展示母屋東側)	西側に壁・表面コンクリート	ND(8.93)	ND(2.40)	ND(12.8)	ND(0.79)	0.070
あずまや	吹き抜け・表面コンクリート	15.3	6.40	394	ND(0.65)	0.073
松の木の下	吹き抜け・表面土	52.9	32.6	317	-	0.071

* ¹³⁴Csは検出限界以下(<0.49)であったため、¹³⁷Csのみのデータを示した。

引用文献

- 1) 厚生労働省. 2011. 「放射能汚染された食品の取り扱いについて」. 食安発 0137 第3号.
- 2) 厚生労働省. 2012. 「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令, 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品, 添加物等の規格基準の一部を改正する件について」. 食安発 0315 第1号.
- 3) 厚生労働省. 2012. 「食品中の放射性物質の試験法について」. 食安発 0315 第4号.
- 4) 厚生労働省. 2012. 「食品中の放射性物質の試験法の取扱について」. 食安基発 0315 第7号.
- 5) 厚生労働省. 食品中の放射性物質の検査結果. http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html (2014. 2. 11)
- 6) 文部科学省. 2002. 放射能測定シリーズNo. 15 「緊急時における放射性ヨウ素測定法」(平成14年改訂版).