

あんぽ柿干場の放射性セシウム汚染状況及び 干場における二次汚染リスク

佐藤 真理・関澤 春仁・村上 敏文¹・八戸 真弓²・濱松 潮香²

Radiocesium Contamination of Drying Rooms for Japanese Persimmon ‘Anpogaki’ and the Risk for Secondary Contamination

Mari SATOU, Haruhito SEKIZAWA, Toshifumi MURAKAMI¹, Mayumi HACHINOHE²
and Shioka HAMAMATSU²

Abstract

Radiosecium contamination and secondary contamination risk were evatuated in the drying rooms for Japanese persimmon. The hanging shelves and floors in the drying rooms were highly contaminated, though the cleanup of the room was drastically reduced the contamination rate. There appears to be only a low risk of secondary contamination in the drying rooms for persimmon dried in the conventional manner. However the secondary risk of radiocesium contamination was still high when the persimmons touch the uncleaned floor or pipes for hanging. Appropriate cleanup of the drying rooms was required prior to use every year.

Key Words : Japanese persimmon, drying rooms, radiocesium, secondary contamination

キーワード：あんぽ柿、干場、放射性セシウム、二次汚染

1 緒言

福島県伊達地域のあんぽ柿は福島県を代表する特産品であるが、2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故の影響により2011年度から2年連続で加工自粛となった。2013年度からは原料果の幼果期検査、収穫前検査等を実施し、原料果の放射性セシウム濃度 (^{134}Cs + ^{137}Cs) が十分に低いこと (幼果期検査で10Bq/kg以下、収穫前検査で7Bq/kg以下) が確認された地域を「加工再開モデル地区」として設定し加工を再開した。製品は非破壊検査機器による全量検査により安全性を確認したうえで出荷されている。2013年度的全量検査では50Bq/kgFWに設定されたスクリーニングレベル値を超過したものが、検査量全体の0.1%発生したことから¹⁾、その原因解明を行った。

あんぽ柿は、加工工程で乾燥させるため放射性セシ

ウム濃度が3～4倍に濃縮される²⁾ことから、製品の放射性セシウム濃度を低く抑えるためには原料果の放射性セシウム濃度が低いことが大前提となる。また、加工工程での再汚染防止も必要不可欠な対策となる。あんぽ柿の生産は、原料果の収穫、追熟、剥皮、硫黄くん蒸、乾燥、調整・包装、出荷の工程をとる (図1)。どの工程においても放射性セシウムの二次汚染の可能性があるが、特に乾燥は自然通風条件で長期間にわたって行われるため、この間に埃などが付着し汚染される危険性が高いと考えられる。そこで干場での二次汚染のリスクを明らかにするため、干場内の汚染状況を清掃の実施前後で調査するとともに、清掃の有無による乾燥中の果実への汚染の影響について2014年10～11月に調査したので報告する。

受理日 平成28年1月26日

¹ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター

² 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

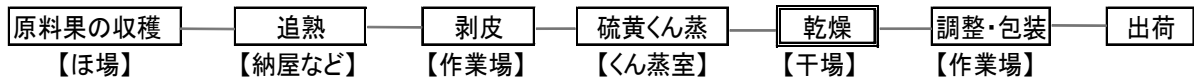


図1 あんぽ柿の生産工程

2 試験方法

(1) 清掃前と清掃後の干場の汚染状況（試験1）

調査に供した5カ所の干場は、干場階数、側壁の有無、床材、吊り棚、前年度干場清掃実施の有無、周辺の空間線量など立地や構造、条件が異なる（表1、図2）。清掃前と後で干場内の吊り棚、床面、扇風機、換気扇などの表面をウエットティッシュで拭き取りし、スミア法³⁾を参考とした拭き取り調査により遊離性の表面汚染密度を測定した。横吊り方式（横に吊るす方式）

の吊り棚は、干場中央部に位置する棚の直管パイプを上段、中段、下段に分けて2段ないし3段ずつ拭き取りした。縦吊り方式（竹竿でU字型に吊るす方式）の吊り棚は、5点法で竹竿5か所をそれぞれ1mの長さに区切って拭き取りした。直管パイプ又は竹竿の直径と拭き取りした長さを測定し表面積を算出した（表2）。床面は、5点法により5か所をそれぞれ50cm×50cm（2,500cm²）を拭き取りした。扇風機は羽根部のカバー部分を、換気扇は羽根部及び枠部分を拭き取りした。拭き取りしたウエットティッシュは乾燥させU-8容器に

表1 調査した干場の立地や構造、条件

調査場所	地区名	階 ¹⁾	側壁の有無	床材	吊り棚	周辺の空間線量率 ²⁾ ($\mu\text{Sv/hr}$)	干場内空間線量率 ³⁾ ($\mu\text{Sv/h}$)	前年度干場清掃	周辺環境
A	国見町貝田	3階	無	コンクリート	横吊り方式 (直管パイプ)	0.16	0.10	未実施	事故時被覆資材を周囲に展開して、事故後撤去した。
B	伊達市保原	2階	無	板材	横吊り方式 (直管パイプ)	0.21	0.23	未実施	北側に植木あり。西側に被覆資材展開。
C	伊達市壺山	1階	一部有	土間にゴザ	横吊り方式 (直管パイプ)	0.16	0.20	未実施	西側に植木あり。南、西側に被覆資材展開。
D	伊達市梁川	2階	有	板材	縦吊り方式 (竹竿)	0.35	0.22	未実施	南側に樹木あり。
E	国見町藤田	2階	有(板戸)	板材	横吊り方式 (直管パイプ)	-	0.18	実施	西側に建物に被さる樹木有り。

1) 調査した干場の階数

2) 干場の敷地内 地上1mの空間線量を測定

3) 干場内を5点法で空間線量を測定した平均値

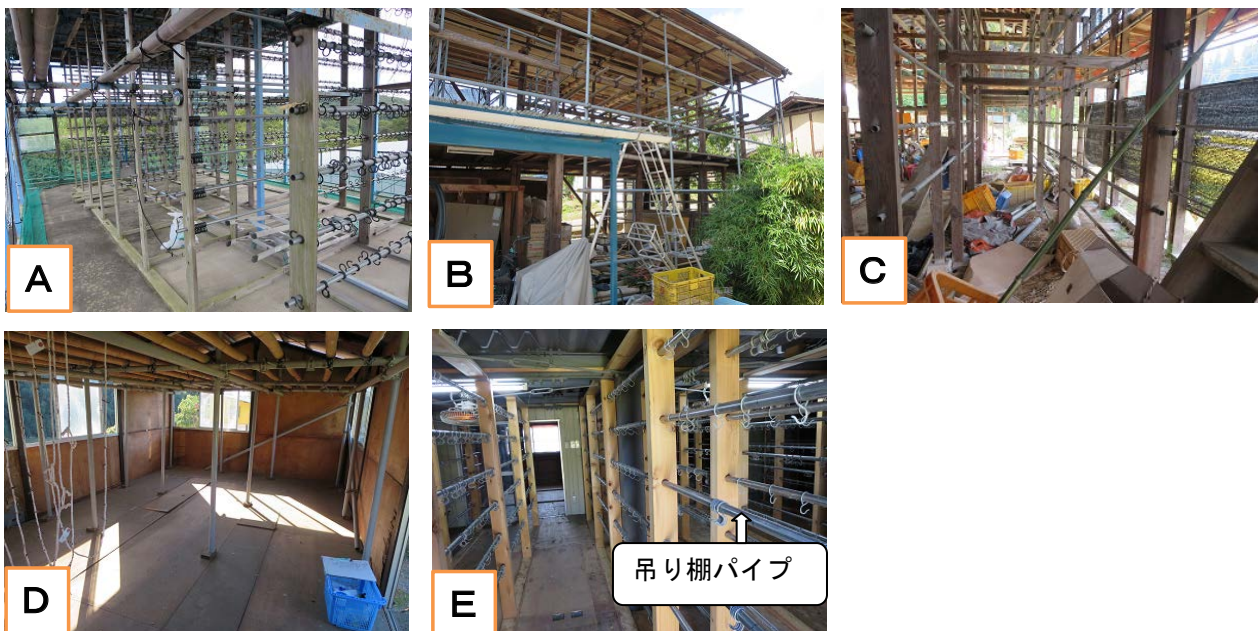


図2 干場の写真

表2 パイプ等の拭き取り面積

調査場所	パイプ(竹竿)直径(cm)	拭き取りした長さ(cm)	拭き取りした本数(本)	拭きとり面積(m ²)
A	2.5	100	9	0.71
B	2.5	77	6	0.36
C	2.3	177	9	1.15
D	4.8*	100	5	0.76
E	2.5	120	6	0.57

*竹竿5本の平均

充填し、ゲルマニウム半導体検出器(GC3020-7500SL-2002CSL,CANBERRA)を用いたガンマ線スペクトロメトリにより放射性セシウム濃度を測定した。測定値は拭き取りした面積当たりの放射性セシウム量で表した。さらに、干場の吊り棚、床面などの表面付着物をガムテープで採取し、イメージングプレートで放射性物質の分布を調査した。付着物を採取したガムテープはラミネートフィルムに封入し、暗所で7日間イメージングプレート(BAS SR2040E、富士フィルム)に感光させた。感光後、イメージングプレートをスキャナー(Typhoon FLA7000、GEヘルスケア)で読みとり、画像解析ソフト(PhotoshopCS4、アドビ)で元画像との重ねあわせ処理を行った。なお、元画像とラジオオートグラフィの重ね合わせを行うためにラミネートフィルムの4隅に塩化カリウム製マーカー(塩化カリウム粉末10-26mgを円形にしてラミネートで封入したもの)を貼った。

(2) 乾燥加工中のカキへの付着調査(試験2)

カキをJ A伊達みらい加工施設で剥皮・くん蒸処理し、清掃前と清掃後の干場にそれぞれ16日間吊した後、カキの放射性セシウム濃度を測定した。調査は表1に表す干場CとDにおいて行った。本試験においては、奈良県産平核無を使用した。試験に用いた原

料果は放射性セシウム不検出であった(¹³⁴Csおよび¹³⁷Csの検出下限はそれぞれ0.33Bq/kgおよび0.27 Bq/kg)。カキは10果一連とし、横吊り方式の干場Cでは窓側と内側それぞれに上・中・下段に吊し、縦吊り方式の干場Dでは窓側と内側に吊した。なお、干場Dでは期間中終日扇風機を稼働させ常時通風条件とした。また、床面に果実が落下した場合の汚染に関する知見を得るため、一部吊す前に故意に床に落とし汚れを付着させる処理も行った。干したカキはヘタと種子を除いた可食部を連ごとに混合・均質化し、U-8容器に充填してゲルマニウム半導体検出器(GC2020-7500SL-2002CSL,CANBERRA)を用いたガンマ線スペクトロメトリにより¹³⁴Cs濃度及び¹³⁷Cs濃度を測定した。

3 試験結果及び考察

(1) 清掃前と清掃後の干場の汚染状況(試験1)

清掃前の汚染状況について、吊り棚パイプ等では最小値が5.7 Bq/m²、最大値が132.5 Bq/m²、床では最小値20.3 Bq/m² 最大値230.1 Bq/m²であった(表3)。吊り棚パイプはどの干場でも下段のパイプより上段のパイプの方が放射性セシウムの付着量が多い傾向にあった。

前年度清掃実施の有無による違いでは、前年度清掃を実施した干場Eは前年度清掃を実施していない干場B、C、Dと比較して放射性セシウムの付着量は少なかった。干場Aでは前年度清掃を実施していないにも関わらず付着量が最も少なかった。この干場では原発事故発生時前から干場を覆うように被覆資材(商品名:ダイオシート)が展張されており、囲いの内側の床は外側に比べ放射性物質の付着量が著しく少なかった(図3 図中の黒い斑点は高濃度の放射性物質の存在を示している)。干場Aでは被覆資材により原発事

表3 吊り棚パイプ等・床面の表面付着放射性セシウム量

吊り棚パイプ	清掃前 (Bq/m ²) (¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs)					清掃後 (Bq/m ²) (¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs)					低減率(%) (清掃前-清掃後) / 清掃前				
	A	B	C	D*	E	A	B	C	D*	E	A	B	C	D*	E
パイプ上段	8.3	70.7	195.8	-	8.7	0.7	7.5	6.9	-	0.7	92.1	89.4	96.5	-	92.5
パイプ中段	6.1	31.9	120.6	-	7.9	0.9	4.2	12.3	-	0.9	84.5	86.7	89.8	-	88.0
パイプ下段	2.7	33.0	81.1	-	5.3	0.8	10.0	7.5	-	0.8	68.2	69.8	90.8	-	84.2
平均	5.7	45.2	132.5	54.0	7.3	0.8	7.2	8.9	8.8	0.8	85.7	84.0	93.3	83.8	88.9

*竹竿によるU字型に吊す方式。5カ所拭き取り平均した。

床面	清掃前 (Bq/m ²) (¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs)					清掃後 (Bq/m ²) (¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs)					低減率(%) (清掃前-清掃後) / 清掃前				
	A	B	C	D	E	A	B	C**	D	E	A	B	C**	D	E
床北東側	24.1	141.5	102.3	55.3	21.1	6.9	36.4	-	6.0	3.1	71.4	74.3	-	89.2	85.1
床中央	35.7	91.2	137.3	71.7	7.5	6.2	14.9	-	7.1	3.3	82.7	83.7	-	90.1	56.0
床北西側	9.4	84.0	420.7	57.8	16.8	4.5	13.5	-	3.9	2.2	52.7	84.0	-	93.3	86.8
床南東側	59.5	217.7	170.2	98.5	22.6	22.9	30.9	-	1.8	3.5	61.5	85.8	-	98.1	84.6
床南西側	20.2	129.5	320.2	71.7	33.4	17.3	29.6	-	15.9	6.7	14.6	77.2	-	77.8	80.1
平均	29.8	132.8	230.1	71.0	20.3	11.5	25.1	-	6.9	3.8	61.3	81.1	-	90.2	81.5

**清掃時にゴザを新調したため測定せず。

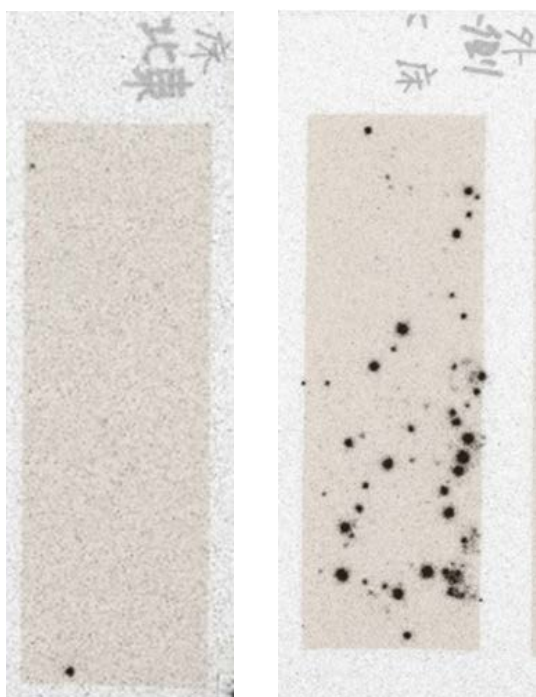


図3 干場Aにおける被覆資材内側及び外側の床面のオートラジオグラフィ

(左：被覆資材内側 右：被覆資材外側)

表面付着物を採取したガムテープ画像と重ね合わせである。図中の黒い斑点は高濃度の放射性物質の存在を表している。

故時及びその後の干場内部への放射性物質の流入が妨げられたために他の干場に比べ汚染の程度が軽微であったと考えられた。これに対して干場Cは直管パイプ、床とも放射性セシウムの付着量が最も多かったが、これは平屋建てで土間の構造により土埃が立ちやすかったためと考えられた。図4に干場Cの床面やパイプ等のオートラジオグラフィを示した。この図から、パイプや床の表面には高濃度の放射性物質が不均一に付着していたことがわかる。図には示さなかったが他の干場でも同様であった。

以上のとおり、清掃前の干場では立地条件によって放射性セシウムの遊離性表面汚染密度に差があり(表3)、また、同じ干場内であっても場所によって放射性セシウムの遊離性表面密度に差があった(表3、図4)。

清掃後の拭き取り調査の結果、吊り棚パイプは清掃前の5.7~132.5 Bq/m²から清掃後には0.8~8.9 Bq/m²(低減率93~84%)と大幅に付着量が減少した(表3)。なお、低減率(%) = (清掃前-清掃後) / (清掃前) × 100で表した。床についても清掃前の20.3~230.1 Bq/m²から清掃後には3.8~25.1 Bq/m²(低減率90~61%)となり、吊り棚パイプと同様に付着量が大幅に

減少した。ただし、干場Aの床面の低減率は61%と他の干場と比較して低かったが、これは干場Aの床面が表面に凹凸のあるコンクリートであったため、溝に入り込んだ放射性セシウムが除去しきれなかったものと考えられた。また、干場Eでは前年度清掃を実施したにも関わらず低減率が直管パイプで89%、床で81.9%と高く、前年度使用した後に再び放射性セシウムの付着があったものと思われた。干場の管理という観点から、清掃は一度すれば良いというものではなく、使用する前には毎年必ず清掃する必要があるといえる。

いずれにしても、どの干場でも清掃によって放射性セシウムが大幅に減少することが確認された。

(2) 乾燥加工中のカキへの付着調査(試験2)

清掃前の干場に吊したカキのうち、干場Cでは外側中段に吊したカキから¹³⁷Csがわずかに0.9 Bq/kg検出されたが、それ以外の位置に吊したカキからは検出されなかった(表4)。清掃後の干場に吊したカキからは干場C、Dとも放射性セシウムは検出されなかった。一方、故意に床に落下させたカキでは、清掃前に吊したカキからは干場C、Dとも放射性セシウムが検出されたが、清掃後は干場Dのカキからのみ検出された(表4)。干場Cでは清掃後に新しいブルーシートに交換したため、落下してもカキへの放射性セシウム付着がなかったが、干場Dは床が板材であり、清掃によっても十分に放射性セシウムが除去できなかったものと考えられた。

以上のことから、通常に干している状態では清掃の有無によらず乾燥加工工程における二次汚染のリスクは低いと考えられた。一方、汚染されたパイプや床などの構造物に接触した場合にはカキが汚染されるリスクが高いことが明らかとなった。このため、汚染リスク軽減のためには毎年使用前に干場を清掃することが重要と考えられる。また、清掃した場合でも床やパイプなどの構造物に接触したカキは利用を避けるべきと考えられる。なお、本試験では故意に落下させる処理を行ったが、現地では農業生産工程管理(GAP)の手法を導入し、衛生的に加工を実施するよう周知徹底が図られている。

4 摘要

あんば柿の干場の汚染状況と干場での二次汚染リスクについて調査した。干場の吊り棚や床などには高濃度の放射性セシウムが不均一に付着していたが、これらは清掃により大部分を取り除くことができた。また、干場での二次汚染に関しては、通常にカキを干してい

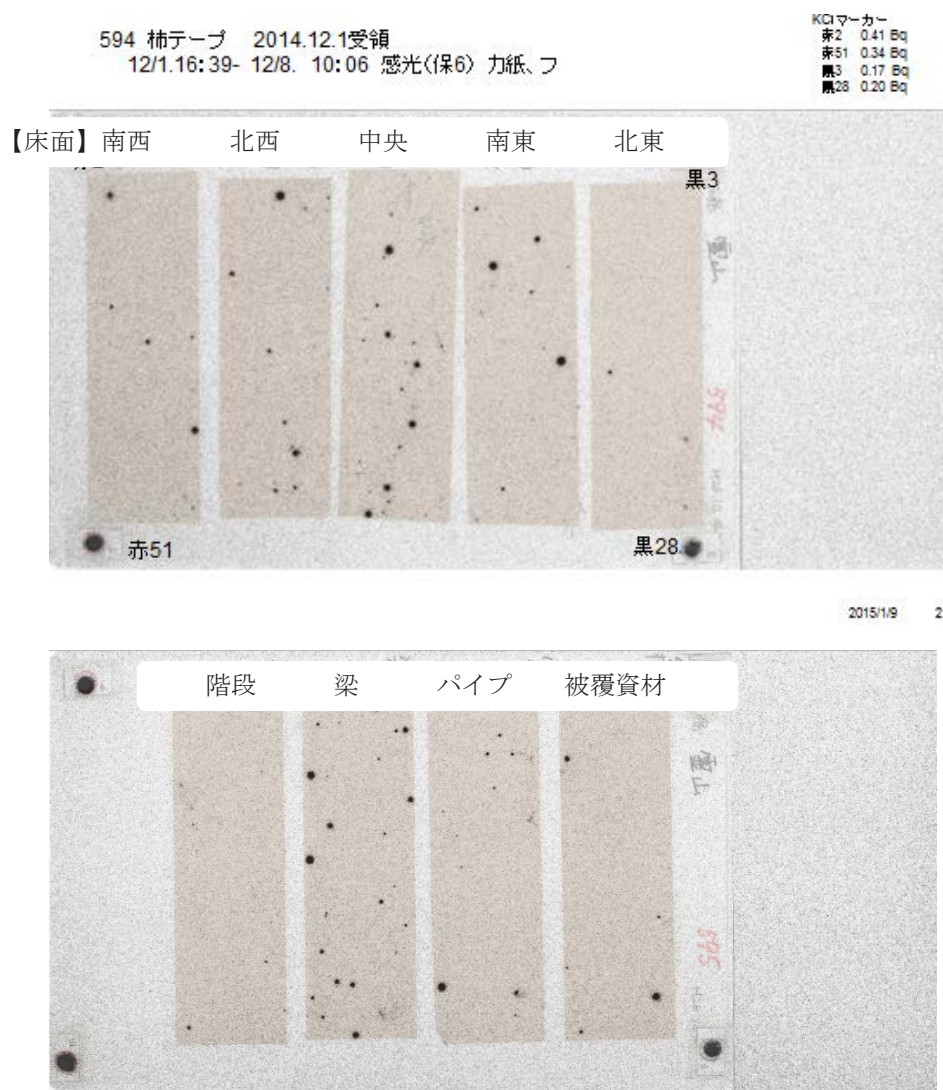


図4 干場C床面、パイプ等のオートラジオグラフィ
表面付着物を採取したガムテープ画像と重ね合わせてある。図中の黒い斑点は高濃度の放射性物質の存在を表している。

表4 干場の清掃前・後に吊したカキの放射性セシウム濃度

調査場所	干し位置	放射性セシウム濃度(Bq/kgFW) *			
		清掃前		清掃後	
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
干場C	外側上段	不検出 (0.93)	不検出 (0.78)	不検出 (0.96)	不検出 (0.76)
	外側中段	不検出 (0.92)	0.9 (0.74)	不検出 (0.98)	不検出 (0.83)
	外側下段	不検出 (0.92)	不検出 (0.74)	不検出 (0.96)	不検出 (0.79)
	内側上段	不検出 (0.95)	不検出 (0.80)	— (—)	— (—)
	内側下段東	不検出 (0.83)	不検出 (0.78)	不検出 (0.98)	不検出 (0.80)
	内側下段(落下処理) **	1.6 (1.00)	6.5 (0.77)	不検出 (0.97)	不検出 (0.86)
干場D	窓際西	不検出 (0.90)	不検出 (0.78)	不検出 (0.95)	不検出 (0.75)
	窓際東	不検出 (0.93)	不検出 (0.72)	不検出 (0.92)	不検出 (0.79)
	内側西	不検出 (0.94)	不検出 (0.77)	不検出 (0.99)	不検出 (0.76)
	内側中	不検出 (0.91)	不検出 (0.73)	— (—)	— (—)
	内側東 (落下処理) **	不検出 (0.94)	3.3 (0.81)	2.6 (1.10)	9.3 (0.86)

* 測定はU-8容器を用いて、ゲルマニウム半導体検出器にて80000秒で測定した。

2反復の結果のうち値が大きい方を示した。()内は検出限界値。

**干す前に故意に床の上に落として汚れを付着させた。

る状態では清掃の有無によらずカキが汚染されるリスクは低いですが、汚染された床やパイプに接触した場合にはカキが汚染されるリスクが高く、二次汚染のリスク軽減のためには毎年使用前に干場を清掃することが重要と考えられた。

今回調査した範囲においては、乾燥加工工程における二次汚染があんぽ柿で放射性セシウム濃度が高い主要因とは考えられなかった。今後は、乾燥前の工程やほ場における汚染について調査を行っていききたい。

謝 辞

本試験の実施にあたり、干場の調査にご協力いただいた伊達地域のあんぽ柿生産者、JA伊達みらい、福島県県北農林事務所伊達農業普及所、試験用の柿を提供していただいた奈良県農業研究開発センター果樹・薬草研究センター、柿の加工にご協力いただいた(株)みらいアグリサービスの皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 福島県あんぽ柿産地振興協会. , 2014. 平成25年度産あんぽ柿の放射性物質検査情報.
- 2) 関澤春仁・山下慎司・丹治克男. 2014. 果実の加工と放射性セシウムの動態. 福島農総セ研報 放射性物質対策特集号: 118-121.
- 3) 杉浦紳之・平純一・竹中圭介・山中和夫・菅井研自・小佐古敏荘. 2007. 表面汚染密度測定におけるスミア法のふき取り効率に影響する要因分析. 保健物理. 42 (3). 214-220.