2019 年 2 月 28 日

さつまいもの船上キュアリング実証試験
実施報告書

事業実施主体／

株式会社アライドコーポレーション（神奈川県横浜市）

は じ め に

■背景・目的

さつまいもは、東南アジアをはじめとする地域でニーズが高く、主要な輸出品目である。輸出方法はコスト面から海上コンテナが望ましいが、特に寒冷期においては、カビや軟腐などによるロスが発生しやすく、安定供給のボトルネックとなっており（この傾向は国内消費でも見られる）、コンテナに積載した全てが腐敗していたという事例も聞かれる。本事業は海上コンテナ利用による、現地着荷時のさつまいもの品質向上を目的として実施した。

■寒冷期に痛みが発生しやすい要因（推定）

さつまいもは秋に収穫され、貯蔵しながら次シーズンにかけて出荷される。貯蔵されたさつまいもは出荷前に泥を落とすために洗浄し、乾燥させたのちに出荷される。
さつまいもは寒さに弱い作物である。寒冷期は暖候期に比べて、洗浄の水や外気が冷たく傷みやすいことに加え、洗浄の際にできる傷から入った菌に侵されやすいと考えられる。

■品質改善の方策（キュアリング）

さつまいもは収穫後、産地によってはキュアリング処理される。キュアリングとは、収穫後のさつまいもを高温・高湿度の環境に一定時間おいて表層にコルク層を作ること。コルク層を作ることで、収穫時にできた傷からの菌の侵入を防ぎ、腐敗しにくくする。このキュアリング処理を、収穫後に加えて、洗浄後にも施すことで、洗浄の際についた傷をコルク層で保護し、腐敗により強くする。

■船上キュアリング

本実証試験では、海上輸送中のリーファーコンテナで、洗浄後の２回目のキュアリングをかけた。利点は以下の通り。

・リーファーコンテナに標準装備されている温度調整機能でキュアリングをかけるので、コストがかからない（＝産地で２回キュアリングをかけるよりも経済的）
・産地でキュアリングを２回かけようとするとキュアリング庫の空きスペースの制約を受けるが、それが無い
・コンテナは気密性が高いため、産地のキュアリング庫よりもキュアリングに適した環境を作りやすい。また長年使用しているキュアリング庫はカビ菌などが浮遊しており、コンテナのほうが衛生的である

実 施 内 容

■概要

収穫後に一度キュアリングされた同一産地のさつまいもを、通常設定のリーファーコンテナと、キュアリングの環境設定をしたリーファーコンテナ（以降、船上キュアリング）で同時に輸送し、海外着荷時の品質を比較する。また着荷後の経時変化を比較する。

■実施地

産地／南九州産地　輸出港／福岡港　輸出先／タイ

■実施期間

2020 年 1 月中旬～2020 年 2 月下旬

■試験区の設定

	試験区	洗いからバンニングまでの期間	乾燥と保管	梱包資材	重量	数量	重量(kg)
船上キュアリング	A	3日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	B	5日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	C	6日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	D	3日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	3	60
	E	5日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	3	60
	F	6日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	3	60
	G	3日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	H	5日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	I	6日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	J	3日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
	K	5日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
	L	6日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
							2,130　kg

	試験区	洗いからバンニングまでの期間	乾燥と保管	梱包資材	重量	数量	重量(kg)
通常のリーファーコンテナ	M	3日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	N	5日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	O	6日間	速乾＆室温保管	サンテナ	20kg	20	400
	P	3日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	2	40
	Q	5日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	2	40
	R	6日間	自然乾燥＆外気温保管	サンテナ	20kg	2	40
	S	3日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	T	5日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	U	6日間	速乾＆室温保管	ダンボール	10kg	20	200
	V	3日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
	W	5日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
	X	6日間	自然乾燥＆外気温保管	ダンボール	10kg	5	50
							2,070　kg

・洗いからバンニング（コンテナに積載すること）までの時間が短いほど、洗いでできたキズを船上キュアリングで早急に保護できる。期間を複数設定することで、比較検証する。
・産地での洗いと乾燥の環境で品質に差が出るか設定。さつまいもは寒さに弱いので、温かい環境下での速乾と保管のほうが好ましいと推定
・通気性のよいサンテナのほうがキュアリングがかかりやすいと予想される。ダンボールで梱包されたものと比較する

■使用したさつまいも（紅はるか）について

・2019 年 10 月頭頃に南九州地方で収穫され、11 月 12 日にキュアリングされたものを使用。キュアリング環境は温度 39～40℃・湿度 100%で 4 日程。キュアリング後は、温度 15～16℃・湿度 80～86%の貯蔵庫で貯蔵

貯蔵庫

出荷前の洗い

・洗い後の試験区の環境

＜速乾＆室温保管の試験区＞

大型ファンで空気を送りながら室内で乾燥。

室温 16.8℃・湿度 61%・乾燥時間約 8 時間。乾燥後は 13℃の室内で保管

＜自然乾燥＆外気温保管の試験区＞

・軒下に置いて乾燥させ、乾燥後は外気温の環境で保管した。実施期間の産地の気候は温暖だったため、1 晩で乾燥した

＊自然乾燥＆外気温保管は 1 月 17 日～21 日の間に行われた。期間中の出荷産地の気温は以下

17 日／最高 9.0℃　最低 2.8℃

18 日／最高 12.9℃　最低 0.5℃

19 日／最高 14.3℃　最低 1.1℃

20 日／最高 14.5℃　最低 3.2℃

21 日／最高 15.0℃　最低 3.1℃

■コンテナの環境設定*

・船上キュアリング／温度 30℃＆湿度 95%を 100 時間、以降現地着まで 13℃＆90%設定
・通常のリーファーコンテナ（従来の最適環境）／温度 13℃＆湿度 90%
＊バンニング後から現地到着までのコンテナ環境の経過は、別紙１・別紙２参照

・リーファーコンテナには加湿機能がないため、船上キュアリングのコンテナは、キュアリングに必要な湿度まで高まるように、バンニング時に散水の作業を実施。

サンテナのさつまいもに水かけ
（ダンボールの試験区には未実施）

コンテナ内部の散水

■スケジュール詳細（実施期間 2020 年 1 月 17 日～2 月 17 日）

・洗いからバンニングまでの日程明細

洗いからバンニングまで	1月17日	1月18日	1月19日	1月20日	1月21日	1月22日	1月23日
6日	洗い・乾燥	乾燥・保管	保管	保管・出荷	福岡港納品		バンニング
5日		洗い・乾燥	乾燥・保管	保管・出荷	福岡港納品		バンニング
3日				洗い・乾燥	乾燥・出荷	福岡港納品	バンニング

バンニングまでの福岡港での保管環境は 14.1℃、湿度 56%

・バンニング以降の日程明細（出港から現地倉庫着まで 17 日間）

1月23日	バンニング＆コンテナ電源ON
1月26日	福岡港出港
2月7日	レムチャバン港着
2月10日	ラッカバン着（通関地）
2月12日	現地物流倉庫着
2月17～18日	検品　1回目
2月24日	検品　2回目

結　果

■評価方法

・現地に着荷したさつまいもを、「良好」、「可販」、「ロス」の３評価で選別。発生率を重量から算出し評価する。加えて、顕微鏡でさつまいもの状態を検視する。

・着荷後の検品後、船上キュアリングと通常設定のリーファーコンテナで輸送したさつまいものうち、状態が良好なものを取り置きし、経時変化を比較する

＜船上キュアリング＞

試験区	重量(kg)	① 良好 kg	%	② 可販 kg	%	③ ロス kg	%
A	411.37	283.43	68.90	90.07	21.90	37.82	9.19
B	408.27	254.89	62.43	64.60	15.82	88.78	21.75
C	408.04	336.06	82.36	42.75	10.48	29.23	7.16
AVERAGE		291.46	71.23	65.81	16.06	51.94	12.70
D	61.15	55.97	91.53	2.33	3.81	2.85	4.66
E	61.68	57.26	92.83	1.05	1.70	3.55	5.76
F	60.56	55.56	91.74	3.03	5.00	1.97	3.25
AVERAGE		56.26	92.04	2.14	3.51	2.79	4.56
G	200.65	94.56	47.13	24.77	12.34	81.32	40.53
H	194.33	35.61	18.32	17.13	8.81	141.59	72.86
I	197.66	58.05	29.37	42.63	21.57	96.98	49.06
AVERAGE		62.74	31.61	28.18	14.24	106.63	54.15
J	50.25	12.32	24.52	17.66	35.14	20.27	40.34
K	49.23	26.13	53.08	12.06	24.50	11.04	22.43
L	49.51	20.66	41.73	15.61	31.53	13.24	26.74
AVERAGE		19.70	39.77	15.11	30.39	14.85	29.84

＜通常リーファー＞

試験区	重量(kg)	① 良好 kg	%	② 可販 kg	%	③ ロス kg	%
M	392.25	91.18	23.25	111.01	28.30	190.06	48.45
N	389.84	27.29	7.00	320.09	82.11	320.09	82.11
O	389.13	84.32	21.67	44.13	11.34	260.68	66.99
AVERAGE		67.60	17.30	158.41	40.58	256.94	65.85
P	39.42	10.80	27.40	10.52	26.69	18.10	45.92
Q	39.19	18.57	47.38	10.40	26.54	10.22	26.08
R	38.92	5.94	15.26	10.62	27.29	22.36	57.45
AVERAGE		11.77	30.01	10.51	26.84	16.89	43.15
S	199.75	130.63	65.40	33.13	16.59	35.99	18.02
T	195.41	73.37	37.55	33.79	17.29	88.25	45.16
U	202.74	29.41	14.51	9.97	4.92	163.36	80.58
AVERAGE		77.80	39.15	25.63	12.93	95.87	47.92
V	49.22	21.58	43.84	14.84	30.15	12.80	26.01
W	49.67	35.29	71.05	4.40	8.86	9.98	20.09
X	49.00	14.52	29.63	1.68	3.43	32.80	66.94
AVERAGE		23.80	48.18	6.97	14.15	18.53	37.68

■結果の概要

・船上キュアリングをした場合、自然乾燥後サンテナで梱包した場合（試験区 D、E、F）が最もロス率が低く（4.56%）、次いで速乾＆室温保管後サンテナで梱包した場合（試験区 A、B、C）が低かった（12.70%）。一方、速乾＆室温保管後ダンボールで梱包した場合、極めてロス率が高く（54.15%）、次いで自然乾燥後ダンボールで梱包した場合（試験区 J、K、L）が高かった（29.84%）。洗いからバンニングまでの期間による差に傾向はみられなかった。

・船上キュアリングにおける腐敗ロスのうち、通常の輸送方法で頻発する軟腐病様症状（腐敗部位に白色菌糸が密生し、黒化する腐敗症状、写真１）はほとんど見られなかった。一方、一見してカビは生えていないものの、内部で腐敗が進行する症状が観察された（写真２）。

・通常どおりリーファコンテナで輸送した場合、ロス率は 18.02%～82.11%と高かった。

・通常リーファコンテナ輸送における腐敗ロスのうち、大部分は軟腐病様症状であった。また、一部のさつまいもで、船上キュアリング試験区で観察された表皮下における腐敗も観察された。

■考察

・船上キュアリング試験区のうち、自然乾燥後サンテナで梱包した場合（試験区 D、E、F）のロス率 4.56%は一般的な許容できるロス率（概ね 10%）を下回っており、実用可能性が高い。

・乾燥・保管方法によりロス率が異なった理由として、洗浄後の温湿度が軟腐病以外の腐敗病原菌の増殖に関与している可能性がある。室内温度・湿度は外部の温度・湿度より高く、病原菌の増殖を助長した可能性がある。これまで、極端な低温遭遇によりサツマイモが低温障害を起こすことが腐敗を助長すると考えられてきたが、洗浄後の取り扱いは再検討する必要がある。

・梱包資材によりロス率が大きく異なった理由として、ダンボールの場合サンテナに比べ、温度上昇が緩慢であることから、さつまいもの外傷部にコルク層が発達する前に腐敗病原菌の侵入し増殖したことが原因として考えられる。

・洗浄からバンニングまでの期間によりロス率に一定の傾向が見られない理由として、収穫後の管理方法に不備があり、洗浄時に既に品質がばらついている可能性がある。また洗浄からバンニングまで期間（最低３日間）は病原菌がさつまいもに侵入するために十分な期間である可能性がある。このため、今後以下の試験が必要と考える。

　　○収穫後管理技術が比較的高い関東産サツマイモを利用し、品質を一定に揃えた小規模精密試験

　　○洗浄からバンニングまでの期間、腐敗病原菌の増殖を抑える工夫を加えた船上キュアリング試験

・船上キュアリングにより軟腐病が減少し、別な腐敗症状が発生した理由として、通常リーファーキュアリングでも一部のさつまいもから同様の症状がみられたことから、軟腐病の発生を抑えたことにより、これまで軟腐病の発生により覆い隠されていた別な腐敗症状が顕在化したと考えられる。しかしながら、試験区間でロス率が大きく異なる事から、洗浄後の取り扱いによりこれらの腐敗症状も低減できると考えられる。

写真１　軟腐病様の腐敗症状

写真２　今回観察された内部腐敗症状

■顕微鏡による検視結果（着荷直後／2020 年 2 月 17 日検品）

・さつまいもの表層断面を生物顕微鏡で観察した結果、船上キュアリングのうち、サンテナで梱包した試験区では、外傷部下無色透明の細胞層が発達していた（写真３）。拡大すると無色透明で格子状の細胞層であり、これはコルク層であると判断できる（写真４）。一方、船上キュアリングのうちダンボールで梱包した試験区ではコルク層の発達が確認できない場合があった（写真５）。

・通常リーファーコンテナの輸送では外傷部下に細胞層の発達は見られない（写真６）。

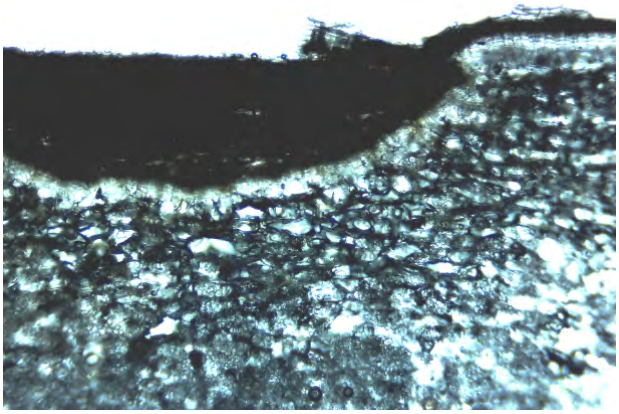

写真３　船上キュアリング（サンテナ梱包）の表層断面写真（試験区 D、倍率 40 倍）

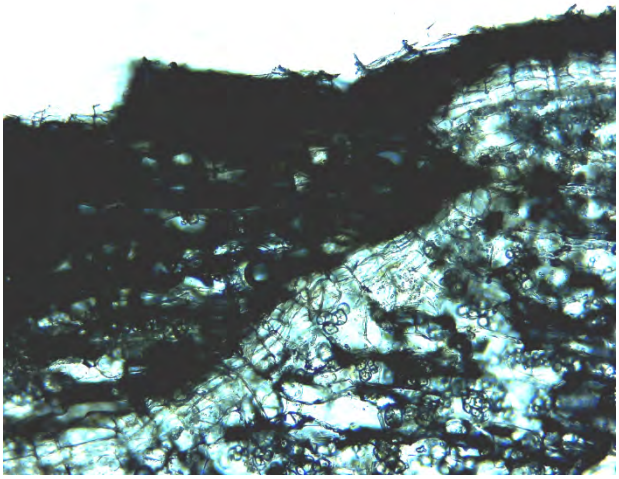

写真４　外傷部下の無色透明で格子状の細胞層（試験区 D、倍率 100 倍）

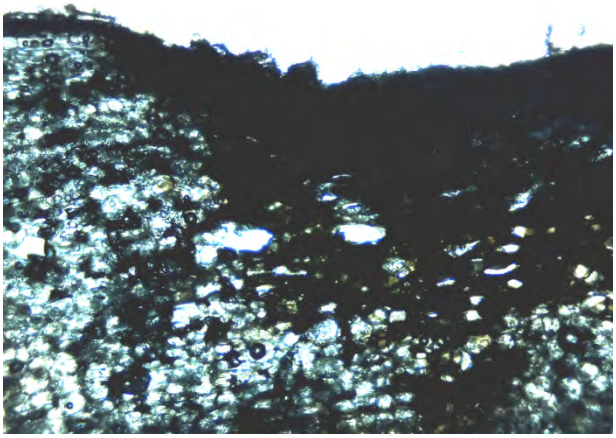

写真５　（試験区 K、倍率 40 倍）

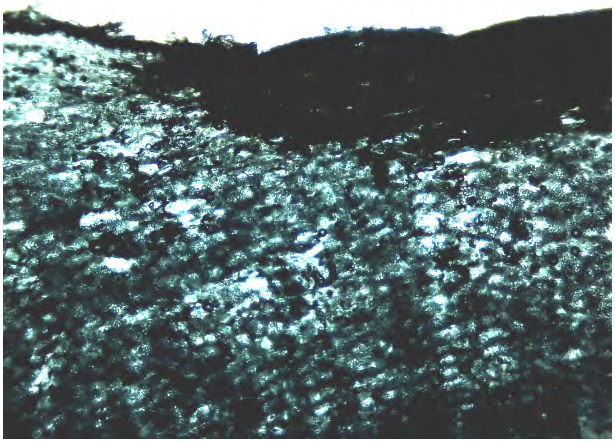

写真６　通常リーファーコンテナ輸送の表層断面写真（試験区 V、倍率 40 倍）

■経時変化

初回検品の際、品質に応じて良好、可販、ロスの３つに選別した。その１週間後、船上キュアリングと通常リーファーで、良好に選別されたものを再検品し、ロス発生率の経時変化を確認した。着荷後も、船上キュアリングのほうが品質を保持できた。

コンテナの種別	Quantity check	結果		写真（不可のさつまいも）
		良好	不可	
船上キュアリング	初回検品で良好に選別されたもの 5 サンテナ = 100 KG	93.15 KG	6.85 KG	
通常リーファー	初回検品で良好に選別されたもの 5 サンテナ = 100 KG	90.88 KG	9.12 KG	

■総評

・さつまいも輸出において、輸送中に船上キュアリングにより輸送したところ、通常リーファーコンテナによる輸送と比較すると、サンテナで梱包すれば、外傷部下にコルク層が発達し、腐敗抑制効果が得られ、着荷時のロス率を低減できた。

・しかしながら、安定した腐敗抑制効果を得るためには、収穫および貯蔵期間の取扱い方法、洗浄後の取扱い方法を見直し、原料の品質安定化と併せて継続検討する必要がある。