

## 青果物を収容したリーファーコンテナの 圧力降下法による気密度調査

村田 哲夫・友松 重光・川上 房男\*  
神戸植物防疫所

町田 真生  
社団法人 日本くん蒸技術協会

相馬 幸博  
横浜植物防疫所調査研究部

Pressure Leakage Test for Reefer Freight Container Containing Fruit and Vegetables. Tetsuo MURATA, Shigemitsu TOMOMATSU and Fusao KAWAKAMI (Kobe Plant Protection Station), Michio MACHIDA (Japan Fumigation Technology Association) and Yukihiko SOMA (Chemical & Physical Control Laboratory, Research Division, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull.Pl.Prot. Japan* 32: 115 - 118 (1996).

**Key Words:** pressure leakage test, reefer freight container, fruit, vegetable

### はじめに

コンテナによるくん蒸は、ガス濃度を維持するためにその気密度が重要な要因となる。くん蒸が認められているコンテナは、空コンテナの状態ですべて臭化メチルくん蒸を実施し一定のガス濃度が保持できたもの、または、空コンテナ内を加圧し一定の圧力が維持できたものに限定されており、これらの審査に合格したコンテナが消毒施設として指定されることになっている。

一方、近年リーファーコンテナによる青果物類の輸入量が著しく増加しているが、リーファーコンテナのほとんどはくん蒸施設の指定を受けていないため、輸入検査において害虫付着により不合格となった場合は、収容貨物を搬出後、指定倉庫でくん蒸が行われている。そのため、コンテナ輸送の最大のメリットである“ドア・ツー・ドア”の特性が生かせず、また、余分な経費を必要としている。

空コンテナにおける圧力降下法による気密度の測定方法は、コンテナ内部の圧力が 30 mm Aq から 20

mm Aq まで降下するのに要する時間 (t) を測定し、 $Q = 3.6 V/t$  (ただし、Q: 空気の漏れ量  $m^3/h$ , V: コンテナの内容積  $m^3$ ) の式により空気の漏れ量を算出する。コンテナくん蒸に使用するためには、1 時間当たりの漏れ量が  $10m^3$  以下であることが条件となっている。この場合、1 時間当たりの漏れ量が  $10m^3$  以下でなければならないことから、 $Q = 10(m^3/h)$  を代入すると、 $t = 0.36 V$  となり、コンテナの内容積から最低限必要となる時間 (sec.) が決定される。

コンテナに青果物を収容した状態で漏れ量を測定する場合は、①青果物は通常 5℃前後に低温保管されていることから、測定中に外気温の影響を受けた場合は圧力が変化し、正確な測定ができない、②空コンテナの場合と空間容積が異なることから正確な測定ができない等の問題点が考えられる。本試験は、これら要因の影響を調査し、青果物を収容した状態で圧力降下法の採用が可能かどうか、調査、検討したので報告する。

本調査に当たり、各種作業にご協力いただいた関西燻蒸株式会社、調査用コンテナ及び試験場所を提供いただいた株式会社杉村倉庫に厚くお礼申し上げます。

\*現在、横浜植物防疫所調査研究部

## 材料及び方法

### 1. 供試コンテナーと試験時期

くん蒸施設として指定を受けていないリーファーコンテナー（内容積約 60m<sup>3</sup>）を用いて、①輸入青果物を収容し保冷中のもの、②同一コンテナーを空の状態に冷却したもの、③同一の空コンテナーで常温のもの（対照区）の 3 区を設定した。また、試験は、野外で実施したが、温度の影響が最も大きいと考えられる夏期に全体の約 50% を実施した。

### 2. 温度、圧力及び圧力降下法による空気漏れ量の測定方法

温度及び圧力の測定は、冷却装置の運転を停止し、コンテナー開口部を塞ぎ、コンテナー内の圧力が大気圧の状態を開始し、2 分間隔で 30 分間調査した。

温度の測定場所は、空コンテナーの場合はコンテナー中央空間部（天井から 30 cm 下及び床から 30 cm 上の 2 か所）の 2 点、青果物を収容した場合はコンテナー内の青果物を収容したカートンボックス内、カートンボックスの間及びコンテナー空間部の 3 点で、多打点式温度計（サーモダックⅢ）により測定した。また、外気温は、コンテナー側面の直射日光の当たらない場

所 1 点を測定した。

コンテナー内圧力の測定方法は、コンテナードレン口に圧力計（水柱マンメータまたはダイヤフラム式圧力計）を接続して行った。

圧力降下法による空気漏れ量の測定は、コンテナー内部の圧力が 30 mm Aq から 20 mm Aq まで降下するのに要する時間を計測し、漏れ量（m<sup>3</sup>）は、コンテナー内の収容物の有無にかかわらずコンテナー内容積から算出した。測定方法は、コンテナーの一方のドレン口に圧力計（水柱マンメータ及びダイヤフラム式圧力計）を接続し、もう一方のドレン口には加圧用のコンプレッサーを接続して行った。測定は 2～3 回反復した。

## 結果及び考察

### 1. コンテナー内温度と圧力の変化

コンテナーを 30 分間密封した場合の庫内温度と圧力の関係は、第 1 表のとおりである。

冷却された空コンテナーでは、30 分間で温度が 0.5～4.3℃上昇し、外気温との温度格差が大きいほど温度変化が大きい傾向を示した。青果物が収容されている場合の温度変化は -1.2～1.2℃で、品温よりも空間中の温度が高い場合は、むしろ温度が低下する例が認められた。外気温との関係は明らかにできなかったが、

第 1 表 青果物を収容した状態及び空の状態にコンテナーを 30 分間密封した場合における庫内温度と圧力の変化

試験番号	コンテナー内容積 (m <sup>3</sup> )	収容青果物	収容比 (t/m <sup>3</sup> )	測定開始時の温度(℃)			30 分後の変化	
				外気温	庫内温	温度差	上昇温度(℃)	庫内圧(mm Aq)
1	57.8	—	0	31.4	31.2	0.2	-0.2	0
		—	0	29.2	9.7	19.5	2.3	0
		グレープフルーツ	0.33	29.4	11.8	17.6	-1.2	+2
2	58.8	—	0	31.6	30.3	1.3	0	+2
		—	0	30.9	7.3	23.6	4.3	0
		レモン	0.32	27.2	10.1	17.1	-0.1	+1
3	66.4	—	0	19.8	19.2	0.6	-0.8	-1
		—	0	19.8	4.8	15.0	0.5	0
		ブドウ	0.27	22.0	5.0	17.0	-0.3	-1
4	66.6	—	0	23.3	23.8	0.5	-0.2	-2
		—	0	23.8	6.7	17.1	1.9	+3
		エダマメ	0.19	24.1	6.1	18.0	-0.7	0
5	66.6	—	0	21.7	21.0	0.7	-0.7	+1
		—	0	21.9	3.9	18.0	2.0	+4
		エダマメ	0.19	22.9	5.6	17.3	1.2	+1

1. 上昇温度：30 分間で上昇した庫内温度。

2. 外気温：コンテナー側面の直射日光の当たらない場所の温度。

庫内温：庫内 2～3 か所の平均値。

第2表 青果物を収容した状態及び空の状態でコンテナ内を圧力降下法により測定した場合における圧力降下時間及び空気漏れ量

試験 番号	コンテナ内容積 (m <sup>3</sup> )	収容青果物	収容比 (t/m <sup>3</sup> )	測定開始時の温度(°C)			降下時間 (sec)	空気漏れ量 (m <sup>3</sup> /h)
				外気温	庫内温	温度差		
1	57.8	—	0	31.5	31.4	0.1	23.5	8.9
		—	0	30.5	12.9	17.6	19.0	11.0
		グレープフルーツ	0.33	31.1	13.7	17.4	14.5	14.4
2	58.8	—	0	32.7	33.1	0.4	12.0	17.6
		—	0	30.7	8.7	22.0	11.5	18.4
		レモン	0.32	29.2	12.2	17.0	10.0	21.2
3	66.6	—	0	23.7	23.1	0.6	79.0	3.0
		—	0	23.7	9.1	14.6	89.7	2.7
		エダマメ	0.19	25.3	5.0	20.3	73.7	3.3
4	66.6	—	0	22.1	20.7	1.4	78.0	3.1
		—	0	21.8	7.0	14.8	77.7	3.1
		エダマメ	0.19	23.3	7.8	15.5	72.2	3.3
5	66.9	—	0	8.7	8.7	0	66.0	3.7
		—	0	8.4	5.3	3.1	65.5	3.7
		切り花	0.11	10.9	3.5	7.4	63.5	3.8
6	57.8	—	0	18.0	18.0	0	14.3	14.6
		グレープフルーツ	0.34	18.0	8.0	10.0	13.3	15.7
		—	0	20.0	20.0	0	61.3	3.9
7	66.2	サントウ	0.18	20.0	6.0	14.0	60.0	4.0
		—	0	19.0	19.0	0	40.8	5.8
		キャベツ	0.25	19.0	5.0	14.0	38.5	6.2
9	66.0	—	0	19.0	19.0	0	21.3	11.2
		キャベツ	0.25	19.0	5.0	14.0	20.5	11.6
		—	0	20.1	5.8	14.3	79.7	3.0
10	66.4	ブドウ	0.27	21.8	4.3	17.5	40.0	6.0

1. 降下時間：コンテナ内部の圧力が30 mm Aq から20 mm Aq まで降下するのに要した時間。

2. 空気漏れ量は、青果物を収容した状態であっても、空コンテナの内容積から算出した。

3. 外気温：コンテナ側面の直射日光の当たらない場所の温度。

庫内温：庫内2～3か所の平均値。

空コンテナよりも温度の変化は小さいものと考えられる。

圧力の変化は、冷却された空コンテナでは0～4.0 mm Aq の範囲で、気密性の高いコンテナ（第2表）ほど圧力が上昇したが、外気温との関係は明らかにできなかった。青果物が収容されている場合は-1.0～2.0 mm Aq の範囲で、常温の空コンテナ（-2.0～2.0 mm Aq）と差がないことから、誤差の範囲と考える。

## 2. 圧力降下法による空気漏れ量の測定結果

圧力降下法により圧力30 mm Aq から20 mm Aq までの降下時間及び空気漏れ量を測定した結果は、第2表のとおりである。

圧力降下時間及び空気漏れ量は、2～3回測定した平均値である。空コンテナで常温と冷却した場合を比較すると、5例中、空気漏れ量が同じ例が2回、冷却した方の空気漏れ量が多い例が2回で、常温の方の空気漏れ量が多い例が1回認められた。また、青果物を収容した状態では、空コンテナ（常温及び冷却）に比較して、いずれも空気漏れ量が多かった。

## 3. 圧力降下法に対する温度及び収容青果物の影響

コンテナ内容積が60m<sup>3</sup>で、1時間当たりの漏れ量が10m<sup>3</sup>（合格ライン）の場合は、 $t = 0.36 V$  の式から、圧力降下時間 (t) は21.6秒になる。仮に30分間でコンテナ内の温度が3.0℃上昇した場合は、21.6秒間では0.036℃の上昇となる。その時の圧力の

上昇分は約 1.36 mm Aq であるから、圧力 30 mm Aq から 21.36 mm Aq までの降下時間が 21.6 秒となり、圧力 30 mm Aq から 20 mm Aq までの降下時間は、 $t(10-1.36)/10 = 0.36 V$  の計算から 1.16 倍の約 25 秒となる。すなわち、空気漏れ量  $10\text{m}^3$  まで達する時間は、冷却した空コンテナでは温度の影響のため遅くなり、空気漏れ量が  $10\text{m}^3$  を超える場合であっても合格する可能性がある。

調査結果から常温と冷却した空コンテナの圧力降下時間を比較すると、5 例（第 2 表の試験番号 1～5）中、冷却した空コンテナの方が遅い例が 1 例（試験番号 3）、差がない（0.5 秒以内）例が 3 例（試験番号 2,4,5）で、常温の空コンテナの方が遅い例が 1 例（試験番号 1）あった。差がない場合は温度の影響が少なかったものと考えるが、常温の方が遅い例については、その原因が不明である。

一方、青果物を収容したコンテナの空間容積（コンテナ内容積から青果物の容積を差引いた値）を  $V'$  ( $\text{m}^3$ ) とすると、その時の圧力降下時間  $t'$  (sec.) は、 $0.36 V'$  となる。実際には青果物を収容した分だけ空間容積が小さくなることから、 $V > V'$  であり、 $t > t'$  である。コンテナの内容積 ( $V$ ) が  $60\text{m}^3$  で、コンテナ内容積に占める青果物の割合を 20% ( $12\text{m}^3$ ) としたならば、その時の空間容積 ( $V'$ ) は  $48\text{m}^3$  となり、圧力降下時間 ( $t'$ ) は 17.3 秒となる。すなわち、空コンテナよりも内容積が減少した分だけ圧力降下時間も早くなり、温度上昇の場合とは反対に、空気漏れ量

が  $10\text{m}^3$  以下であっても不合格になる可能性がある。

青果物を収容したコンテナでは、通常、コンテナ内は冷却されているため、温度と内容積が同時に変化する。前例と同じ条件では、 $t'(10-1.36)/10 = 0.36 V'$  であるから、圧力降下時間  $t'$  は計算により約 20 秒となる。したがって、常温の空コンテナの場合（21.6 秒）よりも圧力降下時間はやや早くなり、 $V' = V$  として、すなわち空間部の容積をコンテナ内容積として計算すると、 $Q = 3.6 V/t'$  となり、空気漏れ量はやや多く計算されることになる。

実際に調査した 10 例（第 2 表）においても、青果物を収容した状態の圧力降下時間は、空コンテナ（冷却及び常温）の場合よりもすべて速く、したがって、温度上昇による影響は、青果物容積による影響よりも小さいものと考ええる。

以上の結果から、青果物を収容した状態での測定値は、外気温とコンテナ内温度の差が  $20^\circ\text{C}$ （真夏の条件）であっても、空の状態での調査に比較して、いずれも空気漏れ量が多く計算されることになり、より厳しい条件となることが明らかとなった。調査例中では、第 2 表のグレープフルーツ（試験番号 2）は、青果物を収容した状態では基準（空気漏れ量が  $10\text{m}^3$  以内）をクリアできないことになるが、反対に漏れ量の多いコンテナがくん蒸に使用されることはなく、青果物を収容した状態での気密性を確認する方法として、圧力降下法の採用が可能と考える。