

臭化メチルくん蒸された柿生果実の 密封包装用フィルムの種類と果実の品質

中村 三恵子*・相馬 幸博・赤川 敏幸・松岡 郁子
砂川 邦男**・加藤 利之***・川上 房男

横浜植物防疫所調査研究部調査課

Quality of Persimmon Fruit Fumigated with Methyl Bromide and Packed in Various Types of Films. Mieko NAKAMURA, Yukihiro SOMA, Toshiyuki AKAGAWA, Ikuko MATSUOKA, Kunio SUNAGAWA, Toshiyuki KATO and Fusao KAWAKAMI (Chemical & Physical Control Laboratory, Research Division, Yokohama Plant Protection Station), *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 31: 1-8

Abstract : Persimmon fruit, "Hiratanenashi" and "Fuyu" varieties fumigated with methyl bromide (MB) at a dose of 48 g/m³ for 2 hours at 15°C were packed in four types of commercial films with MB gas-absorbent sheet and then stored for 14 days and 30 days at 0°C followed by for 5 days at 15°C, 20°C and 25°C. MB, ethylene and carbon dioxide (CO₂) from fruit were monitored during the storage and quality of the fruit was observed at the end of the storage. Results of the test showed that no injury was observed on both skin and pulp of the "Hiratanenashi" stored for 14 days at 0°C, while lusterless and hardened skin fruit were observed on the fruit stored for 30 days at 0°C, and that no or a slight injury was observed on "Fuyu" packed in the high permeable film and stored for 14 days at 0°C, while depressed spots on the top of the fruit were observed on the fruit packed in the low permeable film and stored for 30 days storage at 0°C. The persimmon tannin in fumigated "Hiratanenashi" was removed completely during the storage at 0°C when the fruit were stored for 3 days at 15°C in advance. CO₂ concentrations in fumigated fruit were extremely high as compared with those in unfumigated fruit. It is considered that removing of the persimmon tannin was caused by mutual effects of MB fumigation and high concentration of CO₂ from fruit after fumigation.

Key Words : methyl bromide, fumigation, quality, polyethylene film, carbon dioxide, persimmon tannin, Japanese persimmons

はじめに

輸出用の柿生果実“平核無及び富有”に寄生するキノヘタムシガ *Stathmopoda masinisa* MEYRICK及びモモノゴマダラノメイガ *Conogethes punctiferalis* (GUENÉE)を殺虫するため、臭化メチル (MB) くん蒸による消毒技術を開発中である (TOMOMATSU et al., 1995)。川上ら (1991) は、柿果実に寄生する害虫を完全殺虫できると考えられる基準 (MB 48g/m³, 2時間, 15°C) で柿生果実をくん蒸し、MB専用吸収剤とともにポリエチレンフィルムに密封包装して輸出を想定した条件下に保管した場合の品質を調査した。その結果、MB専用吸収剤とともにポリエチレンフィルムに密封して低温に保管する方法は、果実の品質維持に効果的であると報告している。

そこで、MBくん蒸した果実を柿専用フィルムを用いて包装した後輸出想定条件下に保管し、フィルム内の各種ガスの濃度変化や果実の品質について、1991年から1993年の3か年にわたり調査したので、その結果を報告する。

本試験の実施にあたり、供試果実及び柿包装用フィルムの入手にご協力いただいた奈良県農業試験場川岡信吾氏、岐阜県病害虫防除所長矢井沼夫氏及び和歌山県果樹園芸試験場島津康氏に対し厚くお礼申し上げる。

材料及び方法

1. 供試果実

平核無柿: 1991~1993年10月下旬に収穫された奈良県産の果実及び1991~1992年10月下旬に収穫された和歌山県産の果実をそれぞれ使用した。

富有柿: 1991~1993年11月中旬に収穫された岐阜県産の果実、1991~1992年11月中旬に収穫された奈良県

* 現在、横浜植物防疫所業務部国際第一課

** 現在、那覇植物防疫事務所国際課

*** 現在、横浜植物防疫所調査研究部害虫課

産の果実及び1991年11月中旬に収穫された和歌山県産の果実をそれぞれ使用した。

2. くん蒸

採果ビン（内容積 0.065m^3 ）に収容した果実を内容積 0.52m^3 のステンレス製くん蒸箱（ $0.86\text{m}^3/\text{分}$ の循環・排気装置、アンプル破碎装置、ガス採取装置及び圧力測定装置付き）に入れ、 $\text{MB}48\text{g}/\text{m}^3$ 、 15°C 、2時間、収容率30～50%の基準でくん蒸した。投葉は、あらかじめ計量封入したMBアンプルをくん蒸箱内で破碎して行い、ガスは投葉後30分間連続して循環し、以後は間欠循環（on: 0.5分, off: 2.5分）した。ガス濃度は投葉10, 30, 60及び120分後にガスクロマトグラフ（FID: GC-8AIF, 島津製作所製）を用いて測定した。くん蒸後は排気装置を用いて1時間排気した。

3. くん蒸後の果実の保管

くん蒸した果実は、翌日まで 15°C に放置した後、MB専用のシート状吸収剤（アミン化合物を添着させた粉末活性炭 0.19g 入り。以下、吸収剤）とともに、袋状のフィルムに入れ、熱圧着機で個別に密封した。また、比較用として、吸収剤を使用しないで個別に密封した区を設けた。両品種の果実を輸出想定条件下、すなわち、 0°C に14及び30日間保管し、次いで、密封又は開封状態で15, 20及び 25°C に5日間保管した。脱渋調査用の平核無については、川上ら（1991）の試験を参考に、 0°C に保管する前に10, 15, 20及び 25°C に2～5日間保管した。

4. 使用したフィルムの種類

使用したフィルムは、奈良県西吉野農協が使用している柿専用の高密度ラミネートフィルム（厚さ 0.05mm 。以下、ラミネート）及びポリエチレンフィルム（厚さ 0.06mm 。以下、ポリエチレン奈良）、岐阜県下で使用されているポリエチレンフィルム（厚さ不明。以下、ポリエチレン岐阜）及び和歌山県かつらぎ農協が使用している柿専用ポリエチレンフィルム（厚さ 0.06mm 。以下、ポリエチレン和歌山）の4種類である。

5. ガス濃度の測定

密封保管中にMB、エチレン、炭酸ガス（ CO_2 ）及び酸素濃度をガスクロマトグラフ（MB及びエチレン：FID GC-9A, 島津製作所製、炭酸ガス：FID Ni触媒付き163型, 日立製作所製、酸素：TCD GC-9A, 島津製作所製）を使用して経日的に測定した。

6. 果実の障害調査

平核無は次の(1)～(5)の項目について、また、富有は(1)～(4)及び(6)の項目についてそれぞれ調査した。

(1) 果皮・果肉の障害：果皮の変色・斑点、果頂部の軟化・陥没、果肉の変色などについて調査した。また、富有の果頂部の変色及び陥没については、被害度（10：甚だしい障害で商品価値がないと思われるもの、5：中程度の障害、1：軽微な障害、0：障害が認められないものに分けて判定し、調査果数10果の合計値）を求めた。

(2) 糖度（Brix値）：アタゴ自動補正屈折計（PR-1, アタゴ社製）を用いて測定した。

(3) 硬度：硬度計（MULTI HARDMETER KMH-51, 木屋製作所製）を用いて果実の赤道部の対面する2か所を測定した。

(4) 果色値：果頂部周辺の果色を農林水産省果樹試験場基準カラーチャート「平核無普及版」及び「富有普及版」を用いて測定した。

(5) 脱渋：塩化第二鉄 0.5% 溶液に浸して乾燥させた濾紙上に果実切断面を押し付け、接触部の発色程度により可溶性タンニンの残存量を調査した。脱渋の程度は、和歌山県果樹試験場のタンニンプリント法（北野ら, 1986）を準用し、0：完全に渋が残っている状態、3：かなり渋が残っている状態、5：やや渋が残っている状態、6：完全に脱渋した状態に分けて判定した。脱渋度はパーセントに換算した。

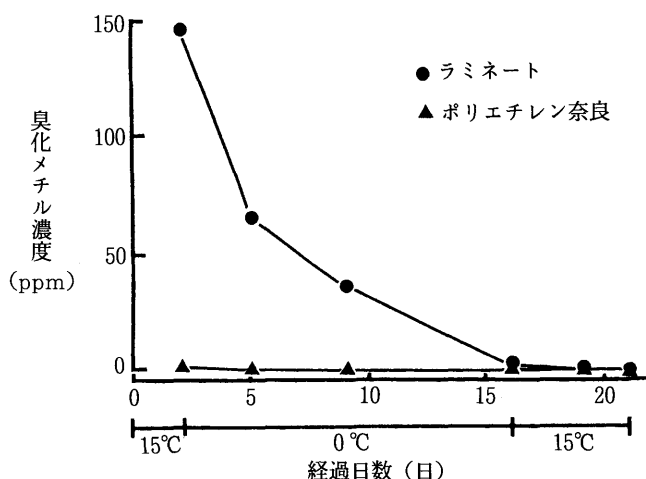
(6) 食味調査：官能試験の「3点嗜好法」（佐藤, 1985）に基づき、未くん蒸果実とくん蒸果実に対する好みに差があるかどうか調査した。

結果及び考察

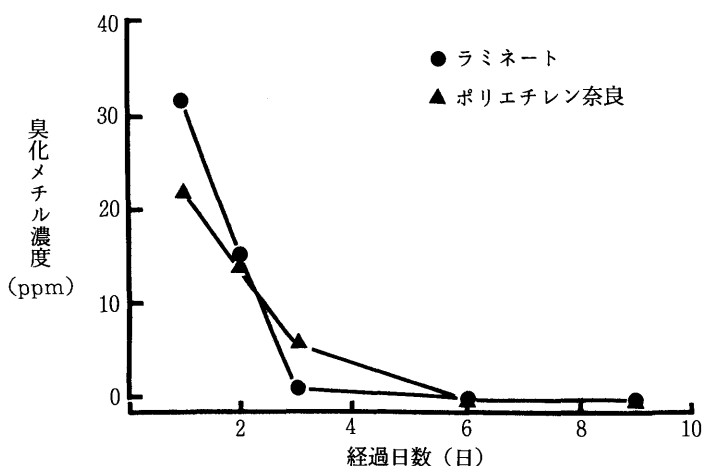
1. フィルム内の各種ガス濃度

(1) MB

MB濃度の経日変化を第1図（平核無）及び第2図（富有）に示した。吸収剤を使用しない場合、平核無の 15°C 保管2日後のMB濃度は、ラミネートを用いたときが平均 145ppm で、ポリエチレン奈良を用いたときの平均 0.3ppm に比較して極端に高かった。これに対し、富有の 15°C 保管1日次いで 0°C 保管1日後のMB濃度は、ラミネートを用いたときが平均 32ppm 、ポリエチレン奈良を用いたときが平均 22ppm であった。平核無と富有のMB濃度の違いは、くん蒸後の保管条件により、脱着量及び脱着速度が異なることによるものと考えられる。吸収剤を使用した場合は全期間を通じて検出されなかった。



第1図 平核無を臭化メチル48g/m³, 15℃, 2時間できん蒸, 15℃に24時間放置した後ラミネート又はポリエチレン奈良に密封包装（吸収剤未使用）し, 15℃に3日, 0℃に14日次いで15℃に5日保管した場合における臭化メチルの経日変化



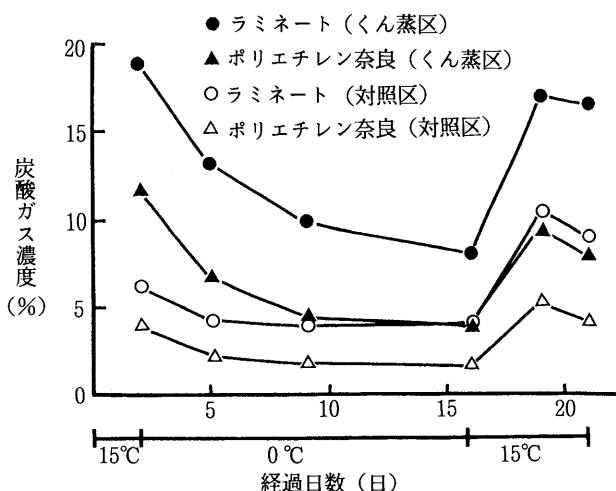
第2図 富有を臭化メチル48g/m³, 15℃, 2時間できん蒸し, 15℃に24時間放置した後ラミネート又はポリエチレン奈良に密封包装（吸収剤未使用）し, 0℃に14日保管した場合における臭化メチルの経日変化

(2) エチレン

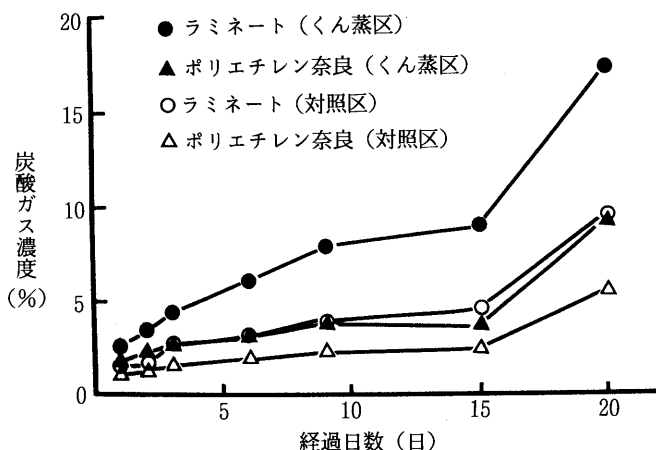
ラミネートを用いて密封保管した場合のエチレン濃度は, 平核無では保管1～2日後で未くん蒸果実が平均2.6ppmであったのに対し, くん蒸果実（吸収剤を使用した区を含む）は平均2.0ppmでやや低かった。反対に, 富有では未くん蒸果実が平均1.6ppmであったのに対し, くん蒸果実は平均2.8ppmが高かった。また, くん蒸果実の濃度は, 密封直後は果実ごとのばらつきが大きかったが, 保管期間が長くなるにしたがって, 全ての果実で7～9ppmに上昇し, 未くん蒸果実とくん蒸果実との間に差はみられなかった。

(3) CO₂

CO₂濃度の経日変化を第3図（平核無）及び第4図（富有）に示した。くん蒸果実は未くん蒸果実に比較してCO₂濃度が高く, くん蒸することによりCO₂発生量が増加すると考えられ, 川上ら（1991）の結果と一致した。保管終了時におけるCO₂濃度をフィルムの種類別に第1表に示した。CO₂の透過性はポリエチレン岐阜, ポリエチレン奈良, ポリエチレン和歌山, ラミネートの順に高くなり, ラミネートは極めてCO₂透過性が悪いことが判明した。



第3図 平核無を臭化メチル48g/m³, 15℃, 2時間できん蒸し, 15℃に24時間放置した後ラミネート又はポリエチレン奈良に密封包装 (吸収剤使用) し, 15℃に3日, 0℃に14日次いで15℃に5日保管した場合における炭酸ガスの経日変化



第4図 富有を臭化メチル48g/m³, 15℃, 2時間できん蒸し, 15℃に24時間放置した後ラミネート又はポリエチレン奈良に密封包装 (吸収剤使用) し, 0℃に14日次いで15℃に5日保管した場合における炭酸ガスの経日変化

(4) 酸素濃度

未くん蒸果実及びくん蒸果実ともに, 平核無は密封して3日後に, 富有では7日後に酸素濃度が1%程度に減少した。平核無と富有との間で濃度の低下の日数が異なったのは, 密封後, 平核無は脱渋促進のため15℃に保管したのに対し, 富有は直ちに0℃に保管したことによるものである。

2. 果実の障害

(1) 果皮, 果肉の障害

平核無及び富有をMBくん蒸後, 各種フィルムを使

用して密封保管した場合における障害の発生状況を, 第2表 (平核無) 及び第3表 (富有) に示した。

平核無: くん蒸1日後に密封し, 10, 15, 20及び25℃に2～5日 (脱渋促進期間), 次いで0℃に14日間保管し, その後も15℃で密封保管した果実は, 保管温度やフィルムの種類にかかわらず障害の発生は認められなかった。0℃に30日間保管した果実は, その後の保管条件にかかわらず, くん蒸果実では果皮の硬化や艶の消失等の症状が現われた。

富有: ラミネートを使用した場合は, 保管条件にかかわらず果頂部に浅い水浸状の陥没, 変色等の障害が

第1表 柿果実を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸後、各種フィルムで密封保管した場合における炭酸ガス濃度 (%)

保管条件	フィルムの種類	平核無		富有	
		MB	対照	MB	対照
0℃14日保管後15℃5日	ポリエチレン岐阜	6.6	4.2	10.8	5.3
	ポリエチレン奈良	8.3	6.0	13.0	6.1
	ポリエチレン和歌山	11.0	8.4	16.5	8.1
0℃30日保管後15℃5日	ラミネート	15.2	11.9	15.4	8.6
	ポリエチレン岐阜	7.3	4.4	7.5	3.9
	ポリエチレン奈良	8.9	6.1	9.6	4.1
	ポリエチレン和歌山	10.8	7.6	11.8	5.5

1) 平核無については脱渋促進のため、あらかじめ15℃に3日保管した。

2) 各区10果を供試した。

3) くん蒸果実はMB専用吸収剤とともに密封した。

第2表 平核無を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸後、各種フィルムで密封保管した場合における果実の障害

保管条件	フィルムの種類	果皮の変色	果皮の硬化
0℃14日保管後15℃5日	ラミネート	0/10	0/10
	ポリエチレン岐阜	0/10	0/10
	ポリエチレン奈良	0/10	0/10
	ポリエチレン和歌山	0/10	0/10
0℃30日保管後15℃5日	ラミネート	0/10	10/10
	ポリエチレン岐阜	0/10	10/10
	ポリエチレン奈良	0/10	10/10
	ポリエチレン和歌山	0/10	10/10

1) 未くん蒸果実には、障害の発生が認められなかった。

2) くん蒸した果実はMB専用吸収剤とともに密封した。

3) 果皮の硬化は、艶の消失を伴った。

発生し、その程度が甚大な果実では部分的に軟化がみられた。ポリエチレンを使用した場合も少数ながら障害の発生が認められたが、CO₂透過性が高いポリエチレン岐阜及びポリエチレン和歌山では、発生しないか、または軽微であった。

MBくん蒸された両品種果実をフィルムに密封包装して保管した場合、障害の程度は調査年によりやや異なったが、保管期間が長くなれば障害の発生果数が多くなる傾向がみられた。くん蒸後の保管期間は30日が限界であると考えられる。

(2) 糖度

平核無では、くん蒸果実は未くん蒸果実に比較して糖度がやや高い傾向が認められたが、フィルムの種類による差は特に認められなかった。富有では、くん蒸

の有無及びフィルムの種類による差は認められなかった。

(3) 硬度

ラミネートで密封後に0℃に保管し、次いで15、20及び25℃に密封又は開封状態で保管した場合における果実の硬度を第4表に示した。また、4種フィルムで密封後に0℃に保管し、次いでそのままの状態に15℃に保管した場合における硬度を第5表に示した。

平核無：ラミネートで密封して保管した場合、くん蒸果実は、未くん蒸果実に比較して硬度が高く、高温（20及び25℃）条件下でも比較的高い硬度を維持した。しかし、開封して保管した場合は高温条件下での硬度の低下が著しかった。フィルムの種類別の比較では、くん蒸果実はラミネートに対してポリエチレンの

第3表 富有を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸後、各種フィルムで密封保管した場合における果実の障害

保管条件	フィルムの種類	果頂部の変色		果頂部の陥没	
		発生果	被害度	発生果	被害度
0℃14日保管後15℃5日	ラミネート	10/10	90	0/10	0
	ポリエチレン岐阜	0/10	0	0/10	0
	ポリエチレン奈良	6/10	14	0/10	0
	ポリエチレン和歌山	3/10	7	0/10	0
0℃30日保管後15℃5日	ラミネート	9/10	80	1/10	5
	ポリエチレン岐阜	0/10	0	3/10	3
	ポリエチレン奈良	0/10	0	1/10	5
	ポリエチレン和歌山	1/10	1	3/10	11

- 1) 未くん蒸果実には、障害の発生が認められなかった。
- 2) くん蒸した果実はMB専用吸収剤とともに密封した。
- 3) 被害度は、甚だしい障害：10、中程度の障害：5、軽微な障害：1、障害の発生がないもの：0の指数による10果の合計値を表す。

第4表 柿果実を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸し、ラミネートで保管した場合における果実の硬度

保管条件			平核無		富有	
			MB	対照	MB	対照
0℃14日保管後	密封	15℃ 5日	7.7	5.9	7.9	7.6
		20 5	6.7	3.1	7.5	7.3
		25 5	6.5	2.1	7.8	6.3
	開封	15 5	6.9	5.5	5.1	7.3
		20 5	0.8	5.2	4.6	6.7
		25 5	0.0	5.6	6.7	7.2
0℃30日保管後	密封	15 5	6.9	5.4	8.3	7.8
		20 5	6.2	2.3	8.3	6.9
		25 5	5.9	2.0	8.0	7.4
	開封	15 5	7.4	6.3	6.2	6.2
		20 5	5.2	6.2	4.8	7.0
		25 5	0.0	5.7	0.0	6.0

- 1) 平核無については脱渋促進のため、あらかじめ15℃に3日保管した。
- 2) くん蒸果実はMB専用吸収剤とともに密封した。

硬度がいずれも低かった。未くん蒸果実では、ポリエチレンを使用した果実の硬度が極めて低かった。富有：ラミネートで密封して保管した場合は平核無と同様の傾向が認められた。0℃に30日間保管したくん蒸果実では、保管温度にかかわらず0℃に14日保管果実に比較してむしろ硬度が高かった。くん蒸果実では、いずれのフィルムを使用しても高い硬度が維持さ

れた。

両品種果実の硬度を維持するためには、富有ではいずれのフィルムでも問題はないが、平核無ではラミネートを使用することが望ましいと考えられる。

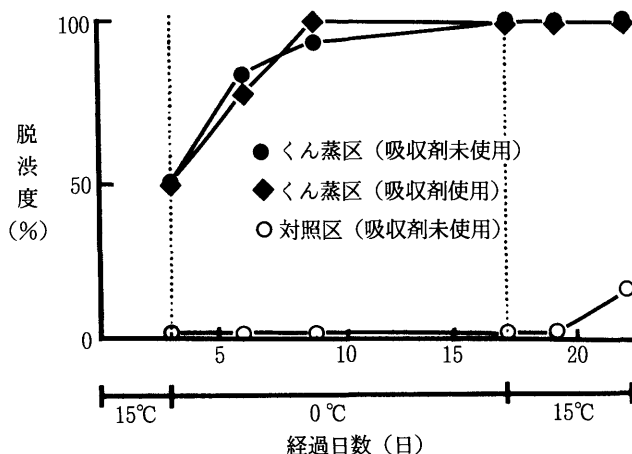
(4) 果色値

平核無及び富有ともにくん蒸果実では、未くん蒸果実に比較してやや果色値が低かった。また、未くん蒸

第5表 柿果実を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸後、各種フィルムで密封し 0℃に保管後15℃に5日間保管した場合における果実の硬度

保管条件	フィルムの種類	平核無		富有	
		MB	対照	MB	対照
0℃14日保管後15℃5日	ラミネート	7.7	5.9	7.9	7.4
	ポリエチレン岐阜	6.4	2.6	7.8	6.0
	ポリエチレン奈良	5.5	2.6	7.7	7.7
	ポリエチレン和歌山	6.9	2.8	7.8	7.3
0℃30日保管後15℃5日	ラミネート	6.9	5.4	8.0	7.1
	ポリエチレン岐阜	6.2	2.0	7.7	4.1
	ポリエチレン奈良	5.6	2.7	7.9	5.8
	ポリエチレン和歌山	5.8	3.1	7.9	7.0

- 1) 平核無については脱渋促進のため、あらかじめ15℃に3日保管した。
 2) くん蒸果実はMB専用吸収剤とともに密封した。



第5図 平核無を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸し、15℃に24時間放置した後ラミネートに密封包装（吸収剤使用）し、15℃に3日、0℃に14日次いで15℃に5日保管した場合における脱渋度の経日変化

果実では、0℃保管後に密封のまま保管した果実よりも、開封して保管した果実の方が果色値が明らかに高くなったが、くん蒸果実では特に変化は認められなかった。

(5) 脱渋

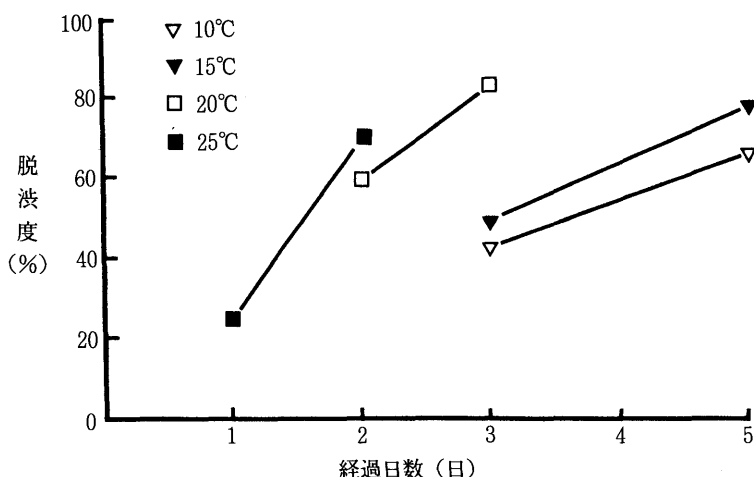
MBくん蒸された平核無の脱渋状況は、第5図（脱渋促進措置として、くん蒸後0℃に保管する前に10、15、20及び25℃に2～5日間保管）及び第6図（脱渋促進後0℃に14日間次いで15℃5日保管）に示した。

くん蒸後の保管温度が高いほど脱渋速度が速く、脱渋促進措置により45～80%が脱渋された。15℃に3日保管した果実は、吸収剤使用の有無にかかわらず50%

の脱渋度であったが、引き続いて保管した0℃において、完全に脱渋された。また、くん蒸後密封して15℃に3日保管し、0℃に14日保管した果実は、フィルムの種類にかかわらず、すべて完全に脱渋された。川上ら（1991）は、平核無をMBくん蒸後、開封状態で保管した場合は脱渋されず、15℃前後に密封して保管することにより脱渋されるとしていることから、柿の脱渋は、MBくん蒸とその後発生する炭酸ガスの相互作用によるものと考えられる。

(6) 食味調査

富有を0℃14日間次いで15℃4日間保管または0℃28日間次いで15℃4日間保管した場合、くん蒸果実と未



第6図 平核無を臭化メチル48g/m³、15℃、2時間でくん蒸し、15℃に24時間放置した後ラミネートに密封包装（吸収剤使用）し、各種温度条件下で保管した場合における脱渋度の変化

くん蒸果実に対する好みの差は、統計的には有意で、未くん蒸果実の方が好まれた。しかし、異味・異臭は認められず、商業上は問題ないと考えられる。

以上の結果から、①果皮及び果肉については、平核無を0℃に14日保管した場合、フィルムの種類による障害の程度に差は認められなかったが、0℃に30日保管した場合、果皮の硬化や艶の消失等の症状が認められた。富有では、ラミネートを使用した場合、果頂部の陥没や変色等の障害が発生し、CO₂透過性が高いポリエチレン岐阜またはポリエチレン奈良では障害が認められないか、または軽減され、ポリエチレンフィルムがくん蒸後の密封保管に適していること、②果実の硬度を維持するためには、平核無ではラミネートフィルムの使用が望ましく、富有ではいずれのフィルムでも問題がないこと、③MBくん蒸された両品種果実をフィルムで密封して保管した場合、保管期間が長くなれば障害発生果数が多くなる傾向がみられ、くん蒸後

の保管期間は30日が限界であると考えられること、④平核無の脱渋は、くん蒸後密封して15℃に3日間保管することにより50%が脱渋され、その後の0℃保管中に完全に脱渋されること等が判明した。

引用文献

- 川上房男・相馬幸博・黒川憲治・砂川邦男・中村三恵子・三角 隆 (1991)：臭化メチルクん蒸された柿生果実を密封包装した場合における果実の品質。植防研報27：61-67。
- 北野欣信・藤本欣司・前阪和夫・小川正毅 (1986)：カキの東南アジア輸出に関する船舶輸送試験。昭和61年度果樹試験場研究成績：157-160。
- 佐藤 信 (1985) 統計的官能検査法。東京：日化技連。pp.93-100。
- TOMOMATSU S., T. SAKAGUCHI, T. OGINO, T. HIRAMATSU, T. MISUMI and F. KAWAKAMI (1995) Methyl Bromide Fumigation for Quarantine Control of Persimmon Fruit Moth and Yellow Peach Moth on Japanese Persimmons. Res. Bull. Pl. Prot. Japan 31: 67-73.