

# 1-MCP 処理および防湿段ボール箱利用によるカキ‘早秋’の果実品質保持技術

岐阜県農業技術センター  
野菜・果樹部

鈴木 哲也

近年、生鮮果実の1世帯当たりの購入数量が低下している（総務省統計局 2015）。果物を食べない一番の理由は、日持ちがせず買い置きのできないことであり（公益財団法人中央果実協会 2015）、日持ち性および品質保持の短さが果物消費低迷の大きな要因の一つになっている。このことから、果物の消費拡大を図るためには、品質保持を図り、おいしい果実の供給期間を拡大することが重要である。

カキの日持ち性は品種によって異なり、晩生品種ほど長い傾向がある（山田ら 2002）。そこで、2003年に品種登録された極早生の完全甘ガキである‘早秋’（図-1）の品質保持技術の開発に取り組んだ。‘早秋’は10月初旬から収穫できること、果皮色は赤く、良食味でへたすき果がほとんど発生しないことから（山田ら 2004）、栽培面積が増加している。

カキ果実の軟化にはエチレンが関わっており（板村ら 1991）、Nakano *et al.* (2001) は、水分ストレスやCO<sub>2</sub> ストレスがエチレン誘導に関与していると報告している。また、樽谷・

真部（1960）、樽谷（1960, 1961）は、カキ‘富有’果実における好適な貯蔵条件を低温、果実からの水分蒸散抑制、低酸素・高二酸化炭素条件と報告している。これらのことから、品質保持方法としては、エチレン生成・作用阻害、低温貯蔵、水分蒸散抑制、MA貯蔵などが想定される。しかし、‘早秋’は常温下で流通されており、常温でのMA貯蔵（プラスチックフィルム包装）はガス障害などが危惧される。また、プラスチックフィルム包装は労力がかかることから、実用的ではない。そこで、エチレン作用阻害、水分蒸散抑制の面から品質保持技術の開発を検討した（鈴木 2016；鈴木ら 2015）。

## 1. 品質保持の評価方法

品質保持の評価方法は果肉硬度および軟化の発生（日持ち性）とした。

果肉硬度は一般的に果実硬度計によって測定されるが、果実硬度計はプランジャを貫入した時の最大貫入力を計測するため、対象物を破壊しなければならず、同一果実を継時的に評価することができない。そこで、レーザードップラー振動計（Laser Doppler Vibrometer, LDV）による測定方法（Muramatsu *et al.* 1997）を応用した音響振動法による非破壊型の小型測定装置（Kuroki *et al.* 2006）を利用した。また、音響振動法の測定値である弾性指標（EI：Elasticity Index）は詳細な果肉の硬さの評価が可能であり、特に収穫直後から食べ頃までの硬

さについては鋭敏に評価ができる（鈴木ら 2011）。弾性指標は、Kuroki *et al.* (2006) の報告に準じて、果実直径（d）と第2共鳴周波数（f<sub>2</sub>）から以下の式で算出した。

$$EI = d^2 \times f_2^2$$

軟化の判定は岩田ら（1969）の手法を用い、軟化度Ⅲ（指で押すと崩壊しそうになる、または果肉の一部が水浸状になっている）を軟化と判断し、調査果実中軟化した果実の頻度を軟化率とした。

## 2. おいしさの評点と弾性指標との関係（実験1）

果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャート値（農林水産省果樹試験場監修）で6.0に達した‘早秋’果実を収穫した後、室温下で保管し、弾性指標の測定と官能評価を行った。官能評価は5段階評点法で、おいしさ（非常においしくない：-2～非常においしい：+2）を評価した。

おいしさの評点と弾性指標との間には有意な正の相関（r=0.924）が認められ、おいしさの評点が0以上の時、弾性指標は約22×10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>・Hz<sup>2</sup>以上であった（図-2）。このことから、‘早秋’では弾性指標が高いほど、すなわち収穫直後の果実ほどおいしさの評点が高く、収穫直後の硬い果肉硬度を保持することの重要性が明らかになった。



図-1 カキ‘早秋’

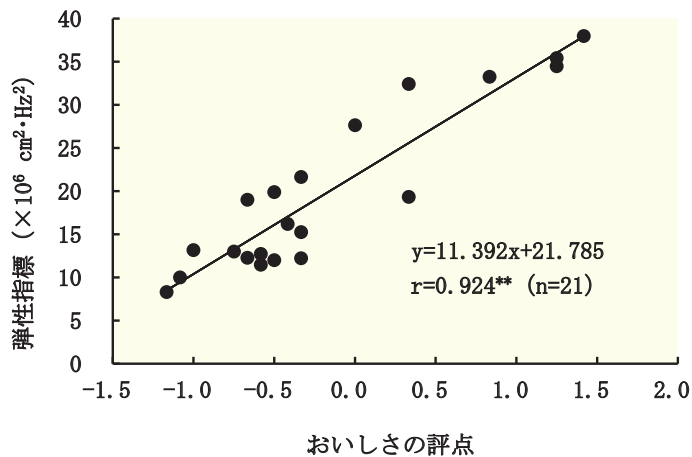


図-2 早秋<sup>1</sup>におけるおいしさの評点と弾性指標との関係  
\*\*は1%水準で有意であることを示す。

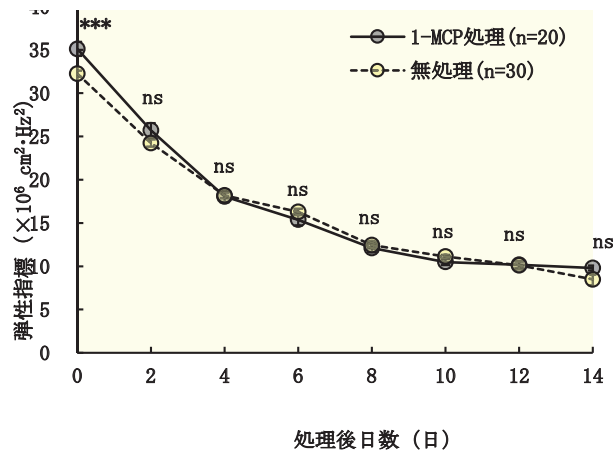


図-3 1-MCP処理が'早秋'の弾性指標に及ぼす影響  
縦線は標準誤差を示す。t検定により、nsは有意差なし、\*\*\*は0.1%水準で有意差あり。

### 3. 1-MCP 処理による果実品質への影響 (実験 2)

果頂部の果皮色が'富有'用カラーチャート値で6.0に達した'早秋'果実を収穫した後、エチレン作用阻害として1-メチルシクロプロパン(以下、1-MCP)を処理した。1-MCPは、気密性のプラスチック容器に果実とSmartFresh<sup>TM</sup>(ローム・アンド・ハース・ジャパン(株))を入れて密封し、処理濃度1ppmで24時間曝露処理した。その後、室温下で保管し、弾性指標、軟化果実の発生およびエチレン生

成速度などを調査した。なお、試験区は1-MCP処理区および無処理区とした。

1-MCP処理区と無処理区の間には弾性指標の有意な差は認められず、1-MCP処理によって果肉硬度は保持されなかった(図-3)。

一方、軟化果実の発生は無処理区で処理後5日以降、1-MCP処理区で処理後13日以降であること、処理後14日の軟化率は無処理区で35.9%、1-MCP処理区で6.7%であることから、1-MCP処理によって軟化率が低く抑えられ、日持ち性は向上した(図-4)。1-MCP処理区のエチレン生成速

度が無処理区よりも低く推移したことから(図-5)、1-MCPはエチレン作用を阻害し、結果として成熟に伴う自己触媒的なエチレン生成を抑制するため(Nakano *et al.* 2002)、軟化果実の発生を抑えたと考えられた。

### 4. 防湿段ボール箱による果実品質への影響 (実験 3)

果頂部の果皮色が'富有'用カラーチャート値で6.0に達した'早秋'果実を収穫し、段ボール箱に詰めた。その後、室温下で保管し、弾性指標および軟化果実の発生などを調査した。

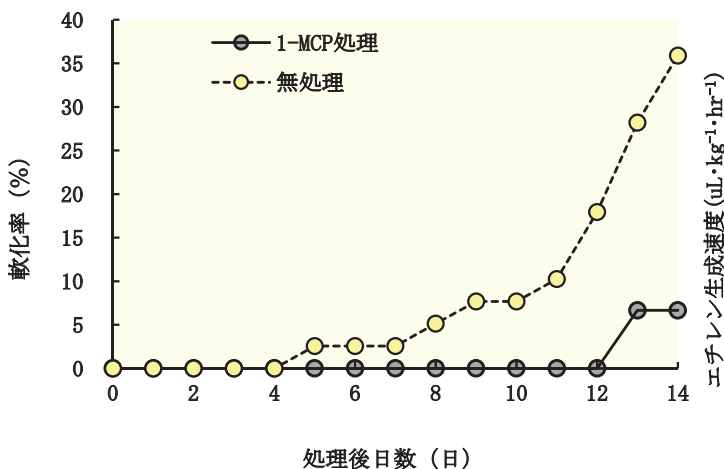


図-4 1-MCP処理が'早秋'の軟化率に及ぼす影響

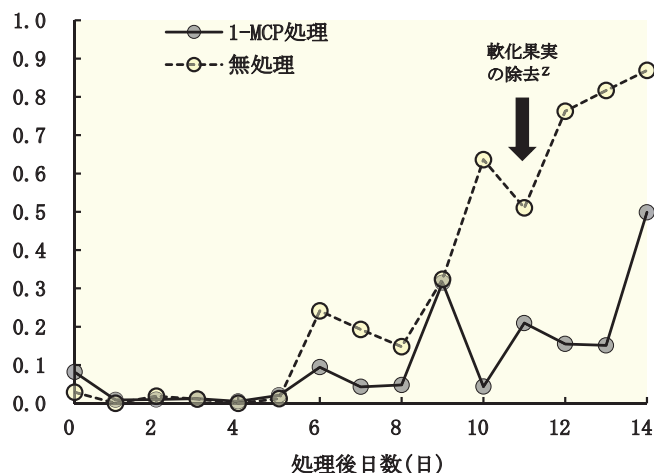


図-5 1-MCP処理が'早秋'のエチレン生成速度に及ぼす影響  
<sup>2</sup>1-MCP処理区は1果、無処理区は2果を除去。

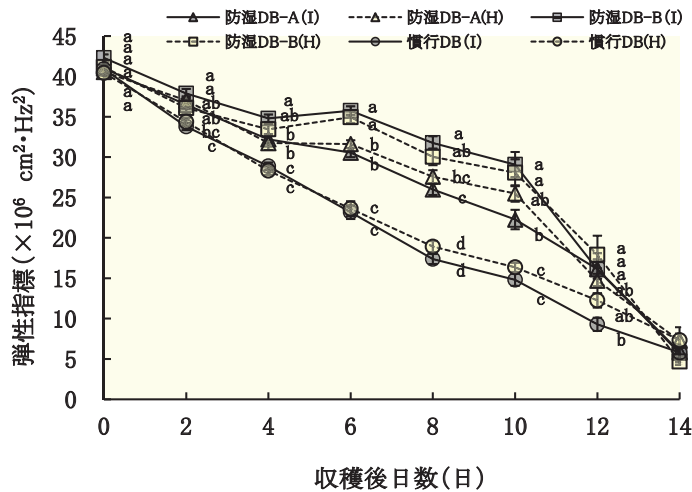


図-6 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の弾性指標に及ぼす影響  
 防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区, 防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区, 慣行 DB は慣行段ボール箱区, (I) は I 貼り, (H) は H 貼りを示す。  
 縦線は標準誤差を示す (n=15 ~ 36)  
 同一収穫後日数における異符号間は Tukey-Kramer の多重検定により, 5%水準で有意差あり。

水分蒸散抑制として防湿段ボール箱を使用した。防湿樹脂の濃度などを変えた 2 種類の防湿ライナー原紙を作成し, 慣行段ボール箱に貼り付けた。防湿ライナー原紙の透湿度をカップ法 (JIS Z 0208:1976 防湿包装材料の透過湿度試験方法) で測定した結果,  $130 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1}$  と  $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1}$  であり (神山ら 2014), 透湿度の高い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱 A 区, 透湿度の低い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱 B 区, 防湿ライナー原紙を貼り付けなかった慣行段ボール区とした。そして, それぞれ粘着テープで蓋の閉める部分を留める I 貼りおよび蓋の閉める部分と角の部分を留める H 貼りで封函した。

収穫後 4 ~ 10 日の間, 防湿段ボール箱区の弾性指標は慣行段ボール箱区よりも有意に高く推移したことから, 防湿段ボール箱によって果肉硬度が保持された (図-6)。弾性指標が約  $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$  以上において果肉硬度が保持されるとすると, 慣行段ボール箱区は収穫後約 6 日まで, 防湿段ボール箱区は収穫後約 10 日までと, 防湿段ボール箱区が約 4 日長く保持することができた。防湿段ボール箱区の重量減少率は慣行段ボール箱区の重量減少率より低く推移したことから

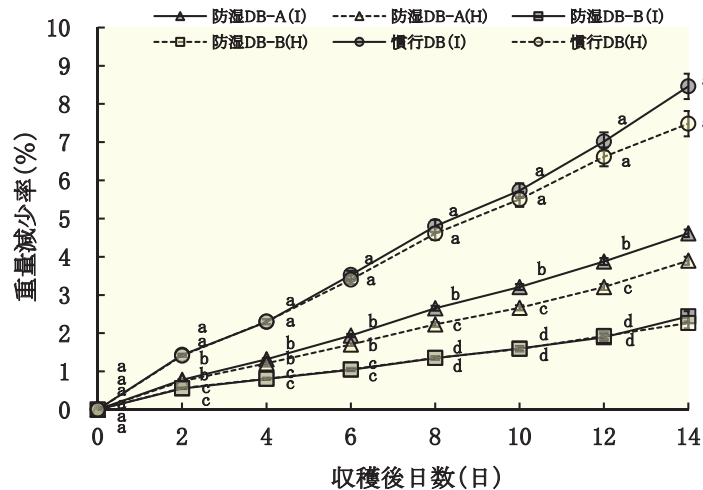


図-7 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の重量減少率に及ぼす影響  
 防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区, 防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区, 慣行 DB は慣行段ボール箱区, (I) は I 貼り, (H) は H 貼りを示す。  
 縦線は標準誤差を示す (n=15 ~ 36)  
 同一収穫後日数における異符号間は, アークサイン変換後, Tukey-Kramer の多重検定により, 5%水準で有意差あり。

ら (図-7), 果実からの水分蒸散が抑制されたことが要因と考えられた。実験 2 において, 1-MCP 処理による果肉硬度保持効果が認められなかったのは, 果実からの水分蒸散が抑制されなかったことが要因と考えられた。なお, 透湿度 (防湿段ボール箱 A 区と B 区) の違いによって, 重量減少率の差は認められたが, 弾性指標の差は一部を除いて明確に認められなかった。粘着テープの貼り方 (I 貼りと H 貼り) の違いによって, 重量減少率の差は防湿段ボール箱 A 区において認められたが, 弾性指標の差は認められなかった。一方, 軟化率は, 収穫後 12 日以降,

各試験区とも一様に増加したことから, 防湿段ボール箱による日持ち性向上は認められなかった (図-8)。

## 5. 1-MCP 処理と防湿段ボール箱による果実品質保持技術の開発 (実験 4)

実験 2 および 3 で, 1-MCP 処理のエチレン作用阻害によって日持ち性は向上するが, 果肉硬度は保持されないこと, 防湿段ボール箱の水分蒸散抑制によって果肉硬度は保持されるが, 日持ち性は向上しないことが明らかになった。そこで, 1-MCP 処理と防湿段ボール箱の組み合わせによる果実品



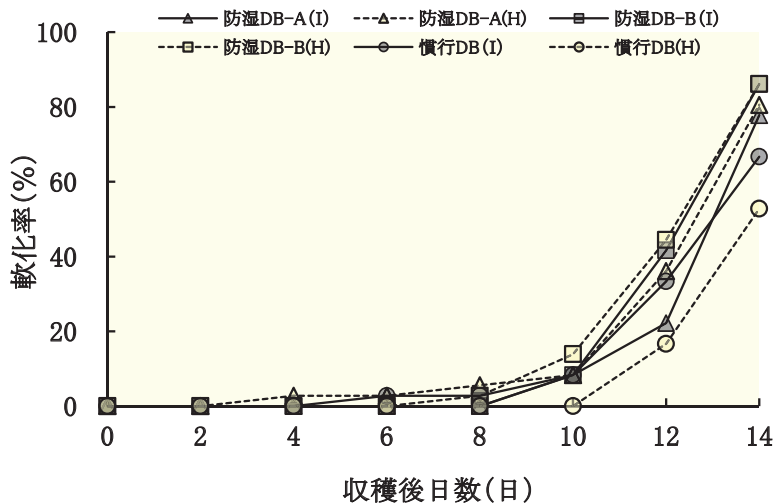


図-8 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の軟化率に及ぼす影響  
防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区、防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区、  
慣行 DB は慣行段ボール箱区、(I) は I 貼り、(H) は H 貼りを示す。

質保持技術の開発について検討した。

果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャート値で7.0に達した‘早秋’果実を収穫し、実験2と同様に1-MCP処理を行った。その後、防湿段ボール箱（実験3の結果から、防湿段ボール箱AとBの範囲内になる透湿度 $\langle 107 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1} \rangle$ の防湿段ボール箱を新たに作成した）、慣行段ボール箱および平箱（蓋なしの慣行段ボール箱）に詰め、室温下で保管した。防湿段ボール箱および慣行段ボール箱の蓋はI貼りで封函し、弾性指標および軟化果実の発生などを調査した。なお、試験区は防湿段ボール箱区、慣行段ボール箱区、平箱区、1-MCP + 防湿段ボール箱区、1-MCP + 慣行段ボール箱区および1-MCP + 平箱区とした。

防湿段ボール箱区の弾性指標は慣行段ボール箱区および平箱区よりも、処理後2～4日以降、有意に高く推移した(図-9)。また、1-MCP処理によって、防湿段ボール箱の弾性指標は、処理後10～12日の間、有意に高く推移した。しかし、慣行段ボール箱および平箱の弾性指標において差は認められなかった。弾性指標が約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上において果肉硬度が保持さ

れるとすると、1-MCP + 防湿段ボール箱区の果肉硬度保持日数は処理後約12日であり、防湿段ボール箱区よりも約4日、1-MCP + 慣行段ボール箱区および慣行段ボール箱区よりも約6日、1-MCP + 平箱区および平箱区よりも約10日長く保持された。

防湿段ボール箱区および慣行段ボール箱区の軟化率は平箱区よりも高く推

移し、いずれの段ボール箱においても、1-MCP処理によって軟化率は低く推移した(図-10)。軟化率が約10%までを日持ち保持とすると、1-MCP + 防湿段ボール箱区の日持ち保持日数は約14日であり、防湿段ボール箱区および慣行段ボール箱区よりも約2～4日長く保持された。

1-MCP処理した果実を防湿段ボール箱に詰めることによって、1-MCP処理単独よりも果肉硬度保持日数が長く、防湿段ボール箱単独よりも日持ち保持日数が長く保持されたことは、それぞれ水分蒸散抑制、エチレン作用阻害が加味された効果と考えられた。しかし、防湿段ボール箱単独よりも果肉

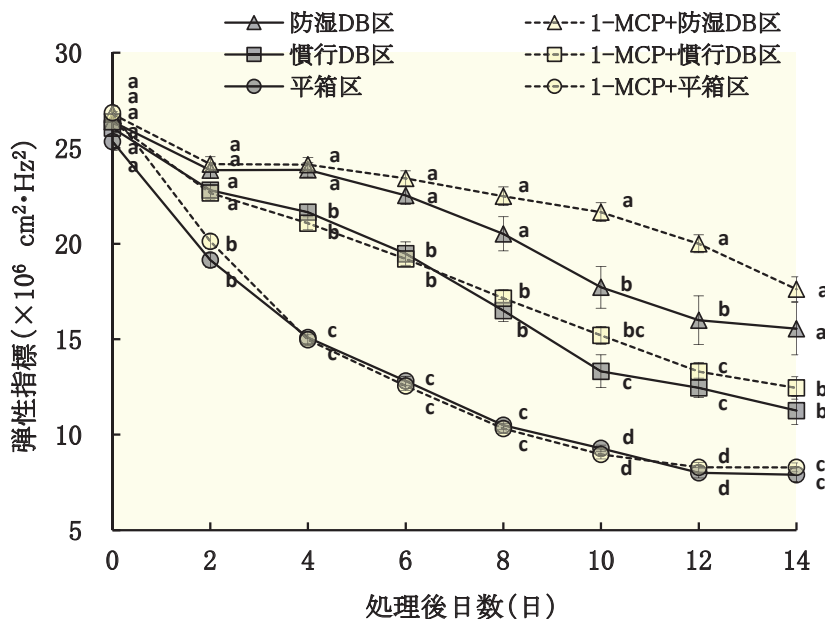


図-9 1-MCP処理および防湿段ボール箱が‘早秋’の弾性指標に及ぼす影響  
縦線は標準誤差を示す (n=16～36)  
同一収穫後日数における異符号間は Tukey-Kramer の多重検定により、  
5%水準で有意差あり。

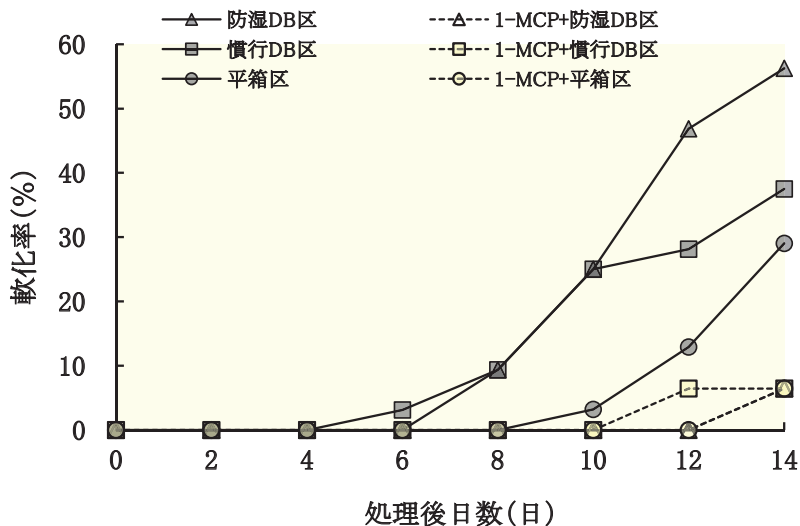


図-10 1-MCP 処理および防湿段ボール箱が‘早秋’の軟化率に及ぼす影響

硬度保持日数が長くなったことは、水分蒸散抑制とエチレン作用阻害が相乗的に作用したためと考えられた。ニホンズモモにおいて、1-MCP 処理した果実を MA 包装すると、食べ頃期間が長くなったと報告されている (Khan and Singh 2008)。

## 6. まとめ

本実験によって、1-MCP 処理と防湿段ボール箱を組み合わせることによって‘早秋’の果肉硬度は 1-MCP 処理後 12 日、日持ちは 1-MCP 処理後 14 日まで保持できることが明らかになった。果肉硬度を保持することによって、流通段階におけるロスの削減に加えて、おいしい果実を長期間提供することができる。‘早秋’において、処理後 12 日まで果実品質が保持されることは販売上大きなメリットになる。しかし、1-MCP 処理および防湿段ボール箱のコストや労力が余分にかかるため、レギュラー品ではなく付加価値のあるブランド品としての販売戦略(価格設定)を構築する必要がある。

カキ果実の消費が低迷しており、特に若い世代の消費が著しく低下し (総務省統計局 2015)、将来の需要低下

が危惧される中、需要拡大を図るためには、おいしいカキを供給することが重要である。そのためには、糖度が高いことはもちろんであるが、食べ頃の硬さのカキを食べていただくことも重要である。高度な栽培技術によって高品質果実を生産しても、収穫後の品質管理が悪いと折角のブランドイメージを損ねてしまう。消費者は食べた時の食味で判断するため、食べ頃のおいしさを伝えること、食べ頃期間を伸ばしておいしさを長く保つことが重要である。

## 引用文献

- 板村裕ら 1991. カキ‘平核無’果実の軟化とエチレン生成および呼吸の関係。園学雑 60, 695-701.
- 岩田隆ら 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第 1 報)。園学雑 38: 194-201.
- Khan, A.S. and Z. Singh 2008. 1-methylcyclopropene application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of ‘Tegan Blue’ japanese plum during cold storage. J.Amer.Soc. Hort.Sci. 133, 290-299.
- 公益財団法人中央果実協会 2015. 平成 26 年度果物の消費に関するアンケート調査報告書. p.20.
- 神山真一ら 2014. カキにおける輸出用長期貯蔵技術および品質保持技術の確立—柿用

防湿段ボールの作製に関する研究— 岐阜県産業技術センター研究報告 8, 56-58.

Kuroki, S. *et al.* 2006. Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a greenhouse. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 75, 415-420.

Muramatsu, N. *et al.* 1997. Critical comparison of an accelerometer and a laser Doppler vibrometer for measuring fruit firmness. HortTechnology 7, 434-438.

Nakano, R. *et al.* 2001. Involvement of stress-induced ethylene biosynthesis in fruit softening of ‘Saijo’ persimmon. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 70, 581-585.

Nakano, R. *et al.* 2002. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grown in a heated plastic house. Postharvest Biol. Technol. 25, 293-300.

総務省統計局 2015. 総務省家計調査. <<http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>>

鈴木哲也 2016. カキ果実の肉質評価および品質保持に関する研究. 広島大学学位論文.

鈴木哲也ら 2011. 収穫後のカキ‘富有’果実における肉質評価と食べ頃予測. 園学研 10, 421-427.

鈴木哲也ら 2015. 音響振動法によるカキ‘早秋’の果肉評価と果肉硬度保持技術の開発. 園学研 14, 75-81.

樽谷隆之 1960. カキ果実の利用に関する研究 (第 4 報) 富有の冷蔵における包装の効果. 園学雑 29, 212-218.

樽谷隆之 1961. カキ果実の利用に関する研究 (第 5 報) 富有の冷蔵におけるガス条件について. 園学雑 30, 95-102.

樽谷隆之・真部正敏 1960. カキ果実の利用に関する研究 (第 3 報) カキ果の貯蔵温度について. 園学雑 29, 114-120.

山田昌彦ら 2002. 20°C・相対湿度 80% の条件下におけるカキの日持ち性の品種・系統間差異. 園学雑 71(別 2), 468.

山田昌彦ら 2004. カキ新品種‘早秋’. 果樹研報 3, 53-66.