

## 低温処理期間の違いが追熟中のセイヨウナシ ‘ル・レクチェ’ の 果実特性に及ぼす影響

知野秀次<sup>1</sup>・徳田美佳子<sup>2</sup>・大石智美<sup>2</sup>・小式澤一博<sup>1</sup>・太田祐樹<sup>1</sup>・松本辰也<sup>3</sup>・児島清秀<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>新潟大学大学院自然科学研究科 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

<sup>2</sup>新潟大学農学部 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

<sup>3</sup>新潟県農業総合研究所 園芸研究センター 957-0111 新潟県北蒲原郡聖籠町真野 117

### Effect of Low-temperature Periods on Fruit Characteristics of ‘Le Lectier’ Pears during Ripening

Shuji Chino<sup>1</sup>, Mikako Tokuda<sup>2</sup>, Tomomi Ohishi<sup>2</sup>, Kazuhiro Koshikizawa<sup>1</sup>,  
Yuuki Ohta<sup>1</sup>, Tatsuya Matsumoto<sup>3</sup> and Kiyohide Kojima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku Niigata 950-2181

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku Niigata 950-2181

<sup>3</sup>Horticultural Research Center, Niigata Agricultural Research Institute, 177 Mano, Seiro, Niigata 957-0111

#### Abstract

‘Le Lectier’ pears treated with low-temperature (refrigerated storage) at 2–3°C for 0, 10, 30, 60, or 90 days after harvest showed changes in elasticity index, flesh firmness, fresh weight, peel color index and soluble solid concentration during ripening at 10°C. During low-temperature treatment, the fruit did not reach the edible ripeness stage, although the metabolic activities such as yellowing of the peel and softening of the flesh did occur under the low-temperature condition at 2–3°C. After low-temperature treatment at 2–3°C, the peel color index and soluble solid concentration of the fruit increased during ripening at 10°C, and the elasticity index, flesh firmness and fresh weight of the fruit decreased. Fruit receiving low-temperature treatment for 10 or 30 days ripened normally, and the fleshy substance of the fruit developed a melting quality. However, fruit receiving low-temperature treatment for 60 or 90 days rotted from the fruit stalk during ripening. The flesh of the fruit receiving low-temperature treatment for 60 days softened, but the fleshy substance of the fruit did not reach a melting quality. Therefore, it was suggested that ‘Le Lectier’ pears are not able to ripen normally when fruit was stored for 60 days or longer at a low temperature of 2–3°C. In addition, the weight loss correlated with the elasticity index during ripening. This finding suggests that the elasticity index is strongly affected by weight loss (moisture loss).

**Key Words** : elasticity index, flesh firmness, frequency of second resonance, snow storeroom, soluble solid concentration

**キーワード** : 第 2 共鳴周波数, 弾性指標, 果肉硬度, 可溶性固形物濃度, 雪室

#### 緒 言

セイヨウナシ ‘ル・レクチェ’ の果実は追熟の進行に伴って果肉が軟化し、果実はメルティング質の果肉となる (古田・浅野, 1991; Murayama ら, 1995)。収穫後の ‘ル・レクチェ’ 果実へのエチレン処理は追熟を促進する (古田・浅野, 1991)。さらに、収穫後の ‘ル・レクチェ’ 果実への低温処理も追熟を促進し (古田・浅野, 1991)、その技術は生産現場で実用化されている。

収穫後の低温処理は貯蔵期間の延長にも有効でもあり、処理期間の調節によって適食時期を遅らせることが可能と

なる。0°C で ‘ル・レクチェ’ を貯蔵した場合、50 日程度の貯蔵が可能とされている (古田, 2000)。しかしながら、低温処理 (低温貯蔵) 中ならびに追熟中の果皮色、果肉硬度、可溶性固形物濃度などの果実特性は明らかにされていない。また、生産現場では、出荷時期の分散ならびに需要期に合わせた出荷を目的として、果実を低温処理後に追熟させる低温追熟法が主体になりつつある。そのため、低温処理した果実の追熟特性に関する知見は、生産者にとって有益な情報になると考えられる。

近年、非破壊計測技術であるレーザードップラー振動法に関する研究がリンゴで行われ (Muramatsu ら, 1997, 1999; Terasaki ら, 2001a)、この非破壊法は果皮色による熟度推定が困難なキウイフルーツ (Terasaki ら, 2001b, c) やセイヨウナシ (Murayama ら, 2006b; Taniwaki ら, 2009; Terasaki ら, 2006) の熟度推定に関する研究に応用されている。キウイ

2009年7月24日 受付。2009年11月4日 受理。

本研究の一部は平成18年度園芸学会春季大会で発表した。

\* Corresponding author. E-mail: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

フルーツ (Terasaki ら, 2001b, c), セイヨウナシ (Murayama ら, 2006b; Taniwaki ら, 2009; Terasaki ら, 2006) およびリンゴ (元村ら, 2004) の弾性指標は果肉の軟化に伴って低下し, それらの果実では弾性指標による熟度推定の可能性が示されている. また, レーザードップラー振動法の原理を応用した小型の果実硬度測定装置が開発され, メロン (Kuroki ら, 2006), セイヨウナシ (知野ら, 2009) やトマト (中野ら, 2008) における果肉硬度 (熟度) の非破壊評価が試みられている. しかしながら, 追熟中のセイヨウナシ 'ル・レクチュ' の弾性指標は, 果肉硬度と完全には一致しない. 弾性指標の低下には果肉の軟化に加え, 他の要因が関与していると考えられる. 従って, 'ル・レクチュ' 果実の熟度を弾性指標から推定するには, 弾性指標の低下に關与する要因を明らかにする必要がある.

筆者らは, これまでにエチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ 'ル・レクチュ' の果実特性に及ぼす影響 (知野ら, 2007) ならびに非破壊法による 'ル・レクチュ' 果実特性の評価 (知野ら, 2009) について報告した. そこで, 本研究は低温処理中 (低温貯蔵中) ならびに追熟中のセイヨウナシ 'ル・レクチュ' の果実特性を明らかにすることを目的として, 2~3°C の低温処理後に 10°C で追熟させた果実の果実重, 果皮色, 果肉硬度, 適食果率および腐敗果率を調査した. さらに, 非破壊計測技術による熟度評価を目的として, 果実硬度測定装置で弾性指標を計測し, その指標と果実特性の関係を調査した.

## 材料および方法

### 1. 低温処理中の果実特性の変化 (試験 1)

セイヨウナシ 'ル・レクチュ' の果実は, 新潟県園芸研究センターに植栽されている樹齢 13 年の樹から採取した. 果実の採取は収穫適期である 10 月 27 日 (2006 年) に行った. 果実の収穫適期は以前の報告 (知野ら, 2007) と同様にヨウ素デンプン反応によって判断した. 採取した果実は 2~3°C の簡易雪室 (第 1 図) で低温処理を行った. 雪室内の温度は氷を利用して維持した. また, 雪室内の湿度は, 水を使用することにより 95% 以上を維持した. 低温処理開始後 10, 30, 60 および 90 日に果実を取りだし, 果実重, 果皮色, 第 2 共鳴周波数, 直径, 果肉硬度および可溶性固形物濃度を調査した. さらに, それらの調査データから果実重の割合 (収穫時の果実重に対する調査時の果実重の相対値) および弾性指標を算出した. 各測定日には 5 果を供試した. 対照区として低温処理 0 日 (収穫時) 区を設定した.

果実重の割合 (%) は収穫時の果実重を基準とし, 以下の式 [1] から算出した.

$$\text{果実重の割合 (\%)} = \frac{\text{調査時の果実重}}{\text{収穫時の果実重}} \times 100 \quad [1]$$

果実重を計測後, 果皮色は果実カラーチャート (ニホンナシ (地色), 農林水産省果樹試験場) および 'ル・レク

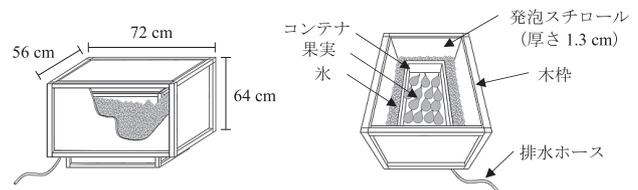
チュ' カラーチャート (Color ベース R タイプ (1), 新潟大学農業情報工学研究室および新潟県園芸研究センター) を基準にし, 果実の赤道部の 4 か所を測定した (第 2 図).

弾性指標の算出に利用する第 2 共鳴周波数と直径の計測には果実硬度測定装置 (KN $\alpha$ -LA1, 生物振動研究所) を使用し, 果実の赤道部の 4 か所を計測した (第 2 図). 弾性指標 ( $E$ ) は Kuroki ら (2006) に従い, 第 2 共鳴周波数 ( $f_2$ ) と直径 ( $d$ ) から算出した. 直径から算出した弾性指標を弾性指標  $Ed$  と定義した. 弾性指標  $Ed$  は以下の式 [2] から算出した.

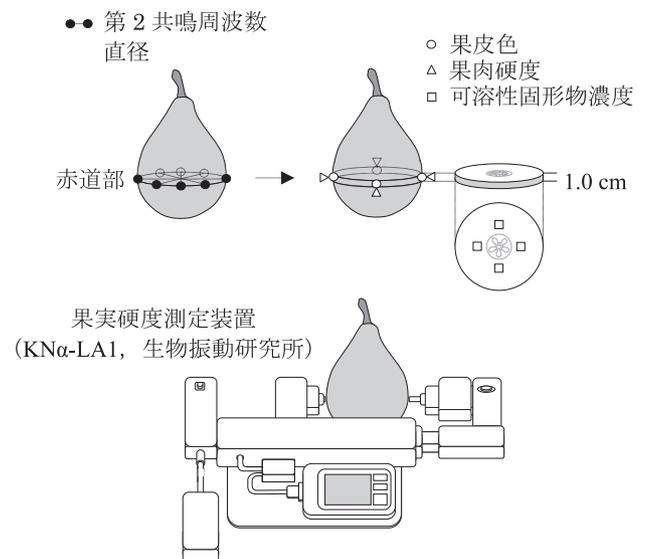
$$\text{弾性指標 } Ed = f_2^2 \cdot d^2 \quad [2]$$

果肉硬度の測定は貫入式硬度計 (佐藤製作所) で測定した. 硬度計には円筒型の直径 8.0 mm のプランジャーを取り付け, 赤道部の果肉の 4 か所を測定した (第 2 図). 測定時には果皮をナイフではく皮した.

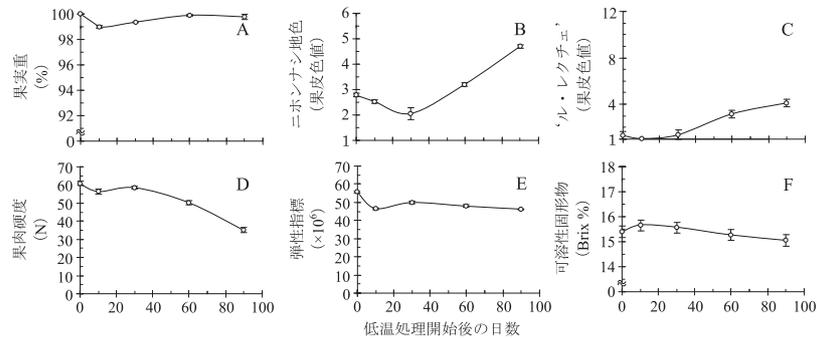
可溶性固形物濃度は屈折糖度計 (N-1E, ATAGO) で測定した. 果実の赤道部から約 1.0 cm の厚さの切片を切り出した後, 果芯と果皮の間の中央部から 4 つの果肉ブロック (1.0 cm<sup>3</sup>) を調製し, それぞれの果汁の可溶性固形物濃度を測定した (第 2 図).



第 1 図 簡易雪室の模式図



第 2 図 第 2 共鳴周波数, 直径, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度の測定部位ならびに果実硬度測定装置による共鳴周波数の計測の様子 (模式図)



第3図 低温処理期間中のセイヨウナシ‘ル・レクチュエ’における果実特性の変化  
果実は収穫適期（10月27日）に採取し、2～3°Cで低温処理した  
垂線は標準誤差を示す（n=5）

## 2. 追熟開始後の果実特性の変化（試験2）

果実は試験1と同様に新潟県園芸研究センターに植栽されている樹齢13年の樹から採取した。果実の低温処理も試験1と同様に簡易雪室で処理を行なった。低温処理開始後10, 30, 60または90日に果実を出庫し、10°Cに設定したインキュベーター内で果実を追熟させた。追熟中のインキュベーター内の湿度は、水を入れたプラスチックトレイを置き、80%以上に維持した。

果実特性は試験1と同様に、果実重、果皮色、第2共鳴周波数、直径、果肉硬度および可溶性固形物濃度を調査した。さらに、それらの調査データから果実重の割合（収穫時の果実重に対する調査時の果実重の相対値）、弾性指標、適食果率および腐敗率を算出した。調査は10日ごとに行い、各測定日には5果を供試した。対照区として低温処理をしない無処理区を設定した。

適食果の判定は、新潟県果樹振興協会ならびに全国農業共同組合連合会新潟県本部が主催する‘ル・レクチュエ’果実品評会の判定基準を参考とし、果肉硬度ならびに官能試験によって評価した。5.1～12.0 Nの果肉硬度でメルティング質の果肉の果実を適食状態とし、メルティング質の果肉でも5.0 N以下の果実を過熟状態と定義した。貯蔵病害である輪紋病および尻腐れ病に起因すると考えられる腐敗、ならびに内部褐変および芯ぐされに由来する果肉の崩壊が確認された果実を腐敗果と定義した。適食果率および腐敗果率は以下の式 [3] および [4] から算出した。

$$\text{適食果率 (\%)} = (\text{適食果数} / \text{調査果数}) \times 100 \quad [3]$$

$$\text{腐敗果率 (\%)} = (\text{腐敗果数} / \text{調査果数}) \times 100 \quad [4]$$

## 結 果

### 1. 低温処理中の果実特性の変化（試験1）

低温処理中の果実重はわずかに減少し、90日後の果実重の割合は99.8%であった（第3図A）。ニホンナシ地色および‘ル・レクチュエ’カラーチャートを基準とした果色値は低温処理中に増加した（第3図B, C）。果肉硬度は低温処理開始後30日までほとんど変化しなかったが、60日以降

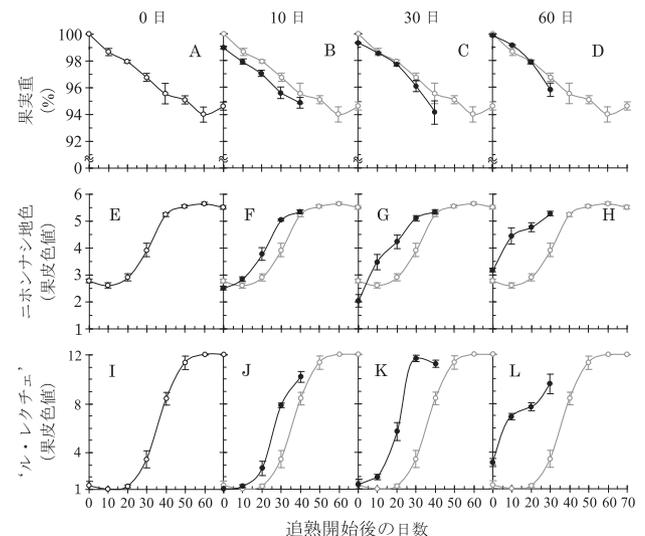
に低下した（第3図D）。収穫時の弾性指標は $55 \times 10^6$ であり、低温処理開始後10日以降に低下した（第3図E）。低温処理開始後10～90日の弾性指標はほとんど変化しなかった（第3図E）。低温処理中の可溶性固形物濃度は、日数の経過とともに低下した（第3図F）。

## 2. 追熟開始後の果実特性の変化（試験2）

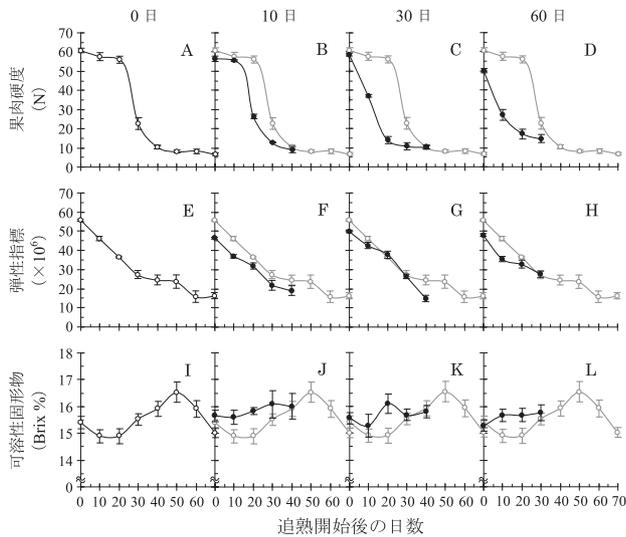
### 1) 果実特性の変化

全区の果実重は追熟の進行とともに減少した（第4図A～D）。

ニホンナシ地色を基準にした場合、無処理区の果皮色値は追熟開始後20日までほとんど変化せず、追熟開始後20～40日に急激に増加した（第4図E）。追熟開始後40日以降の果皮色値はほとんど変化しなかった（第4図E）。10、



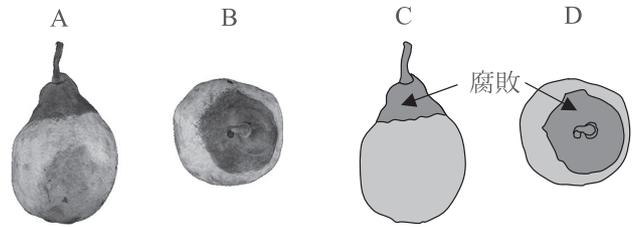
第4図 低温処理期間の違いがセイヨウナシ‘ル・レクチュエ’の追熟中の果実重の割合および果皮色に及ぼす影響  
果実は、収穫適期（10月27日）に採取し、2～3°Cの低温処理後に10°Cで追熟させた  
図の0（A, E, I）、10（B, F, J）、30（C, G, K）および60日（D, H, L）は低温処理期間を示す  
10, 30および60日の図の灰色のシンボルと線は0日を示す  
垂線は標準誤差を示す（n=5）



**第5図** 低温処理期間の違いがセイヨウナシ‘ル・レクチュ’の追熟中の果肉硬度、弾性指標および可溶性固形物濃度に及ぼす影響  
果実は、収穫適期（10月27日）に採取し、2～3°Cの低温処理後に10°Cで追熟させた  
図の0（A, E, I）、10（B, F, J）、30（C, G, K）および60日（D, H, L）は低温処理期間を示す  
10, 30および60日の図の灰色のシンボルと線は0日を示す  
垂線は標準誤差を示す（n=5）

30および60日区の果皮色値も追熟の進行とともに増加した（第4図F～H）。低温処理期間が長い区ほど果皮色値が追熟初期から増加する傾向がみられた（第4図E～H）。一方、‘ル・レクチュ’カラーチャートを基準にした場合、無処理区の果皮色値は追熟開始後20日までほとんど変化せず、追熟開始後20～50日に急激に増加した（第4図I）。追熟開始後50日以降の果皮色値はほとんど変化しなかった（第4図I）。ニホンナシ地色を基準にした場合と同様に、低温処理期間が長い区ほど果皮色値が追熟初期から増加する傾向がみられた（第4図I～L）。

無処理区の果肉硬度は追熟の進行とともに低下した（第5図A）。無処理区の果肉硬度は追熟開始後20日までほと



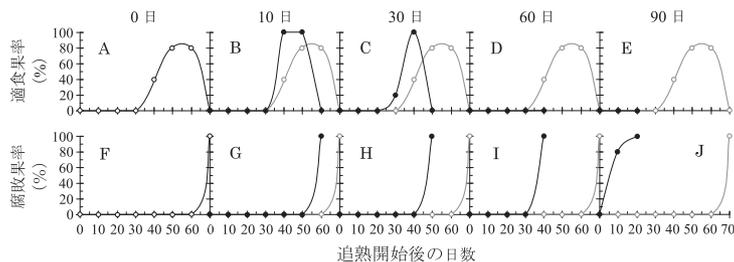
**第7図** 追熟中に腐敗した‘ル・レクチュ’の写真（A, B）と模式図（C, D）  
AおよびBの写真は、2～3°Cの低温処理を90日間施した後に10°Cで20日間追熟させた果実の状態を示す  
AおよびCは側面、ならびにBおよびDは上面の写真または模式図を示す

んど変化せず、20～40日に急激に低下した（第5図A）。追熟開始後40日以降の果肉硬度はほとんど変化しなかった（第5図A）。10日区の果実の果肉硬度は低温処理後0～10日の間はほとんど変化しなかったが、その後、10～30日の間に急激に低下した（第5図B）。30および60日区の果肉硬度は低温処理後0～20日の間に急激に低下した（第5図C, D）。90日区の果実は追熟開始後10日目に腐敗したため、果肉硬度が調査できなかった。

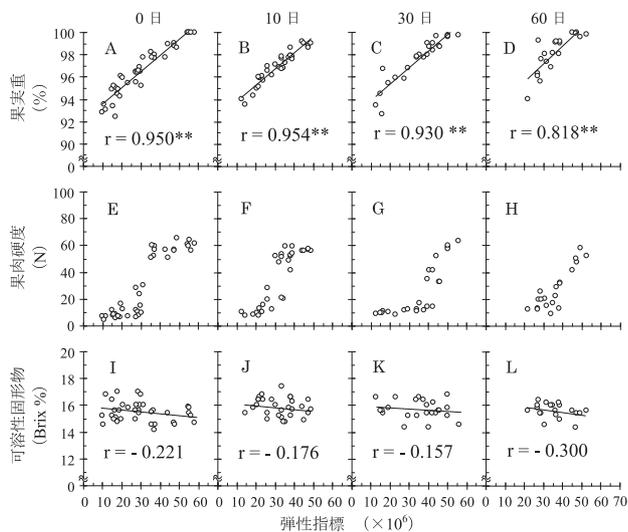
収穫時の弾性指標は $55 \times 10^6$ であり、0, 10, 30および60日区の弾性指標は追熟の進行とともに低下した（第5図E～H）。

収穫時の果実の可溶性固形物濃度は15.4%であった。無処理区の可溶性固形物濃度は、追熟開始後0～50日にかけて増加し、50日以降に減少した（第5図I）。10, 30および60日区の可溶性固形物濃度は、追熟中にわずかに上昇する傾向がみられた（第5図I～L）。

無処理区の果実の適食果率は、追熟開始後40日に40%、追熟開始後50日に100%に達した（第6図A）。その後、無処理区の適食果率は低下し、追熟開始後70日の果実は過熟状態となり腐敗した（第6図F）。10および30日区の果実の適食果率は追熟開始後40日に100%に達した（第6図B, C）。10または30日区の腐敗率は、追熟開始後60日または追熟開始後50日に100%に達した（第6図G, H）。60お



**第6図** 低温処理期間の違いがセイヨウナシ‘ル・レクチュ’における追熟中の適食果率および腐敗果率に及ぼす影響  
果実は、収穫適期（10月27日）に採取し、2～3°Cの低温処理後に10°Cで追熟させた  
図の0（A, F）、10（B, G）、30（C, H）、60（D, I）および90日（E, J）は低温処理期間を示す  
10, 30, 60および90日の図の灰色のシンボルと線は0日を示す  
各測定日に5果実を使用し、割合（%）を算出した



**第8図** 収穫後に0, 10, 30または60日間の低温処理したセイヨウナシ‘ル・レクチェ’における弾性指標と果実特性との関係  
果実は、収穫適期(10月27日)に採取し、2~3°Cの低温処理後に10°Cで追熟させた  
相関係数の(\*\*)は1%水準の有意な相関を示す

よび90日区の果実は適食状態にならず(第6図I, J), すべての果実が追熟中に果柄側から腐敗した(第7図)。60日区の果実は軟化したが、メルティング質の果肉にならず、追熟開始後40日にすべて腐敗した。90日区の果実は十分に軟化する前に腐敗した。

## 2) 弾性指標と果実特性(果実重・果肉硬度・可溶性固形物濃度)との相関

各処理区における弾性指標と果実重の割合との間には1%水準の有意な相関が認められた(第8図A~D)。弾性指標と果肉硬度との相関図はプロットした点が2つのグループに分かれていたため、相関の調査ができなかった(第8図E~H)。弾性指標と可溶性固形物濃度との間には有意な相関は認められなかった(第8図I~L)。

## 考 察

日本で栽培されているセイヨウナシの追熟および貯蔵特性に関する研究は、‘パートレット’(荒木ら, 1965; 北村ら, 1981; 杉山ら, 1963), ‘マルゲリット・マリーラ’(Murayamaら, 1998), ‘ラ・フランス’(北村, 1987; Kondoら, 2004; Murayamaら, 2002, 2006a; 佐藤ら, 1993), ‘ル・レクチェ’(知野ら, 2007, 2009; 古田・浅野, 1991; Murayamaら, 1995; 児島, 2008) ‘パス・クラサン’(馬場ら, 1988; 木村・高木, 1993)で積極的に行われてきた。収穫後の‘ル・レクチェ’果実への低温処理はエチレン処理と同様に追熟を促進させるとともに果実の熟度を均一化させる(古田・浅野, 1991)。本試験においても、低温処理を10または30日間施した果実は無処理の果実よりも追熟が早く完了し、低温処理による追熟の促進が認められた。

果実を5°Cで低温処理した場合、低温処理中の果皮の黄化は古田・浅野(1991)の報告で、果肉硬度の低下については村山ら(1997)の報告で認められている。2~3°Cで低温処理を施した本試験では、以前の報告と同様の傾向が認められた(第4, 5図)。このことから、果皮の黄化や果肉の軟化が2~3°Cの低温下でも起こることが明らかとなり、クロロフィルの分解や細胞壁成分の可溶化などの果実の代謝活動がゆっくりと進行することが示唆された。

‘ル・レクチェ’果実を収穫後に0°Cで低温貯蔵した場合、50日程度まで正常な追熟能力を有するが、それ以上の貯蔵日数では果肉が正常に軟化しない(古田, 2000)。2~3°Cで低温処理した本試験では、低温処理を10日または30日間施した‘ル・レクチェ’果実は正常に追熟し、果実はメルティング質の果肉になった(第6図)。しかし、60日間処理した果実では果肉の軟化が認められたが、メルティング質の果肉にならず、追熟開始後40日までにすべて腐敗した。さらに、90日間の低温処理した果実は十分に軟化することなく、追熟開始後10日までにすべて腐敗した(第6, 7図)。60および90日区の果実の追熟中の腐敗は雑菌に起因し、高温条件によって雑菌の繁殖が助長され、果柄部から果実が腐敗したと推定された。従って、2~3°Cで60日以上低温処理した果実の正常な追熟は雑菌の影響によって阻害されたと考えられる。収穫直後の低温処理(長期低温貯蔵)は、雑菌の繁殖を抑えるためにも0°C以下の温度が好ましいことが示唆された。また、2~3°Cの低温処理には30日程度の貯蔵限界があるものの、低温処理をしない場合に比べ、適食期を20~30日遅延させる効果があった。本試験では、果実を簡易雪室によって低温処理し、ある程度の貯蔵や追熟制御が可能であることを明らかにしたことから、雪室を利用したセイヨウナシ果実の追熟制御の可能性が示された。

果肉硬度測定装置で計測した第2共鳴周波数から算出した弾性指標は追熟の進行とともに低下した(第5図)。追熟の進行にともなう弾性指標の低下はキウイフルーツ(桜井, 2004; Terasakiら, 2001a, b)やセイヨウナシ(知野ら, 2009; Murayamaら, 2006b; 桜井, 2004; Taniwakiら, 2009; Terasakiら, 2006)でも確認されおり、本試験の結果は以前の報告を支持するものであった。弾性指標と果実特性との関係において、各処理区の弾性指標と果肉硬度との相関関係はグラフ上の点が2つのグループに分かれていたために調査できなかった(第8図E~H)。しかし、追熟中の弾性指標および果肉硬度の変化は異なっており(第5図)、『ル・レクチェ’果実の弾性指標の低下には果肉軟化に加え、他の要因の関与が示唆された。

弾性指標と果実重の割合との間には有意な相関が認められ(第8図)、この結果は前報告(知野ら, 2009)とも一致した。果実重の減少は呼吸または蒸散による水分消失と考えられることから、追熟中の弾性指標の低下には果実内の水分が強く影響することが示唆された。今後、弾性指標を

熟度指標として利用するには、水分が弾性指標に及ぼす影響を明らかにする必要がある。その後、果実内の含水量を考慮した上で弾性指標と果肉硬度との関係を明らかにすることによって、弾性指標による熟度推定が可能になることが示唆された。

## 摘 要

0, 10, 30, 60 または 90 日間の低温処理（低温貯蔵）した‘ル・レクチェ’果実において、10°C で追熟させた果実の弾性指標、果肉硬度、果実重、果皮色および可溶性固形物濃度の経時的変化を測定した。低温処理中の‘ル・レクチェ’果実は可食状態にならなかったが、追熟中の果実で起こる果皮の黄化や果肉の軟化のような代謝活動が2～3°C の低温条件下で認められた。2～3°C の低温処理（低温貯蔵）後、果皮色値および可溶性固形物濃度は10°C の追熟中に上昇し、弾性指標、果肉硬度および果実重は低下した。10 もしくは 30 日間の低温処理した果実は正常に追熟し、果実の果肉はメルティング質になった。一方、60 または 90 日間の低温処理をした果実は追熟中に果柄側から腐敗した。60 日間低温処理した果実では、果肉の軟化が認められたが、メルティング質の果肉に至らなかった。従って、‘ル・レクチェ’果実は、2～3°C の低温下で 60 日以上貯蔵した場合、正常に追熟することができないことが示唆された。さらに、追熟中の果実の弾性指標と果実重の割合との間には有意な相関が認められた。この結果から、弾性指標は果実重の減量歩合（水分消失）の影響を強く受けることを示唆する。

**謝 辞** 本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「雪室活用の西洋ナシの追熟制御と日本ナシの長期貯蔵の技術開発（課題番号 2026）」により実施したものである。ここに記して深く感謝の意を表する。

## 引用文献

- 荒木忠治・青木章平・鈴木勝芳・小曾戸和夫・薮花雄. 1965. 洋梨の冷蔵・追熟に関する研究（第1報）冷蔵と予冷の影響. 食科工. 12: 20–26.
- 馬場紀子・平野稔彦・茨木俊行・山下純隆. 1988. 洋ナシ‘パス・クラサン’の予冷・貯蔵技術. 福岡農総試研報 B. 9: 73–76.
- 知野秀次・松本辰也・児島清秀. 2007. エチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ‘ル・レクチェ’の追熟過程の果実特性に及ぼす影響. 園学研. 6: 295–299.
- 知野秀次・松本辰也・太田祐樹・児島清秀. 2009. 追熟中のセイヨウナシ‘ル・レクチェ’における非破壊法による果実特性の評価. 園学研. 8: 109–114.
- 古田道夫. 2000. 追熟、貯蔵、出荷技術（‘ル・レクチェ’）. p. 135–138. 農文協編. 果樹園芸大百科9 西洋ナシ. 農文協. 東京.
- 古田道夫・浅野 聡. 1991. 西洋ナシ（‘ル・レクチェ’）

- の追熟特性. 新潟食研報. 26: 1–5.
- 木村 剛・高木伸友. 1993. 収穫後の低温処理がセイヨウナシ‘パス・クラサン’の追熟に及ぼす影響. 岡山農試研報. 11: 9–12.
- 北村利夫. 1987. セイヨウナシ‘ラ・フランス’の追熟生理及び品質における収穫日、追熟温度及びエチレン処理の影響. 園学雑. 56: 229–235.
- 北村利夫・岩田 隆・福島忠昭・古川良茂・石黒運弥. 1981. 果実・野菜の成熟生理と貯蔵に関する研究（第2報）. 園学雑. 49: 608–616.
- 児島清秀. 2008. 西洋ナシの「ル・レクチェ」—果実の成熟生理と追熟—. 農及園. 83: 1069–1073.
- Kondo, S., K. Settsu and A. Jitratham. 2004. How application times of 2,4-DP influence the ripening capacity of ‘La France’ pears. HortScience 39: 101–104.
- Kuroki, S., M. Tohro and N. Sakurai. 2006. Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a greenhouse. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 415–420.
- 元村佳恵・長尾多実子・桜井直樹. 2004. 6 品種のリンゴ果実硬度のレーザー・ドップラー法による非破壊・非接触測定. 食科工. 51: 483–490.
- Muramatsu, N., N. Sakurai, N. Wada, R. Yamamoto, K. Tanaka, T. Asakura, Y. Ishikawa-Takano and D. J. Nevins. 1997. Critical comparison of an accelerometer and a laser Doppler vibrometer for measuring fruit firmness. HortTechnology 7: 434–438.
- Muramatsu, N., N. Sakurai, N. Wada, R. Yamamoto, K. Tanaka, T. Asakura, Y. Ishikawa-Takano and D. J. Nevins. 1999. Remote sensing of fruit textural changes with a laser Doppler vibrometer. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 120–127.
- Murayama, H., T. Katsumata, H. Endou, T. Fukushima and N. Sakurai. 2006a. Effect of storage period on the molecular-mass distribution profile of pectic and hemicellulosic polysaccharides on pears. Postharvest Biol. Technol. 40: 141–148.
- Murayama, H., T. Katsumata, O. Horiuchi and T. Fukushima. 2002. Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in pears after different storage periods. Postharvest Biol. Technol. 26: 15–21.
- Murayama, H., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006b. Nondestructive method for measuring fruit ripening of ‘La France’ pears using a laser Doppler vibrometer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 79–84.
- 村山秀樹・小原勝利・福島忠昭. 1997. 低温処理がセイヨウナシ‘ル・レクチェ’果実のエチレン生合成におよぼす影響. 園学雑. 66 (別2): 672–673.
- Murayama, H., D. Satoh, Y. Ohta and T. Fukushima. 1995. Effect of relative humidity on ripening of ‘Le Lectier’ pear fruit. Acta Hort. 398: 187–193.

- Murayama, H., T. Takahashi, R. Honda and T. Fukushima. 1998. Cell wall changes in pear fruit softening on and off the tree. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 143–149.
- 中野有加・桜井直樹・藤路 陽・堀江秀樹・中野明正・鈴木克己. 2008. 弾性指標を用いたスライスマットの果肉硬度の非破壊評価. *園学研.* 7: 543–547.
- 桜井直樹. 2004. 果実の硬さで食べ頃・取り頃を知る技術. *農及園.* 79: 1286–1292.
- 佐藤康一・野口協一・佐竹正行・工藤郁也・高瀬紘一. 1993. セイヨウナシ ‘ラ・フランス’ の予冷方法と追熟温度. *山形園試研報.* 10: 23–41.
- 杉山直儀・岩田正利・高橋和彦・崎山亮三. 1963. 洋ナシ ‘パートレット’ の追熟について (第1報) 追熟温度と冷蔵処理の影響. *園学雑.* 32: 247–255.
- Taniwaki, M., T. Hanada, M. Tohro and N. Sakurai. 2009. Non-destructive determination of the optimum eating ripeness of pears and their texture measurements using acoustical vibration techniques. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 305–310.
- Terasaki, S., N. Sakurai, N. Wada, T. Yamanishi, R. Yamamoto and D. J. Nevins. 2001a. Analysis of the vibration mode of apple tissue using electronic speckle pattern interferometry. *Trans. ASAE* 44: 1697–1705.
- Terasaki, S., N. Sakurai, R. Yamamoto N. Wada and D. J. Nevins. 2001b. Changes in cell wall polysaccharides of kiwifruit and the visco-elastic properties detected by a laser Doppler method. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 572–580.
- Terasaki, S., N. Sakurai, J. Zebrowski, H. Murayama, R. Yamamoto and D. J. Nevins. 2006. Laser Doppler vibrometer analysis of changes in elastic properties of ripening ‘La France’ pears after postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.* 42: 198–207.
- Terasaki, S., N. Wada, N. Sakurai, N. Muramatsu, R. Yamamoto and D. J. Nevins. 2001c. Nondestructive measurement of kiwifruit ripeness using a laser doppler vibrometer. *Trans. ASAE* 44: 81–87.