ニホンナシ‘幸水’におけるポリプロピレンフィルムが共鳴周波数の計測に及ぼす影響

知野秀次[1]・太田祐樹[1]・黒坂　俊[1]・齋藤洋太郎[1]・大塚伸吾[1]・
坂井　優[1]・二木明日香[2]・児島清秀[1*]

（平成22年１月12日受付）

要　約

本研究は、果実硬度測定装置（KN α-LA1）ならびに非破壊硬度測定装置（Vp-2型）でニホンナシ‘幸水’の共鳴周波数を測定した。さらに、フィルム包装が果実の共鳴周波数に及ぼす影響を調査した。非破壊硬度測定装置（Vp-2型）で計測した収穫時の果実の共鳴周波数は、それぞれ、594 Hz（f_2）、893 Hz（f_3）および1,128 Hz（f_4）あった。f_2と果実重から算出した弾性指標 Emf_2は17.3（$\times 10^6$）、弾性指標 Emf_3は39.1（$\times 10^6$）および弾性指標 Emf_4は62.4（$\times 10^6$）であった。f_2と直径から算出した弾性指標 Edf_2は28.6（$\times 10^6$）、弾性指標 Edf_3は63.7（$\times 10^6$）および弾性指標 Edf_4は103（$\times 10^6$）であった。その後、共鳴周波数および弾性指標は日数の経過ともに低下した。フィルム包装した果実の共鳴周波数は無包装の果実と同様であり、フィルムは共鳴周波数の計測に影響しないことが明らかになった。さらに、各共鳴周波数から算出した弾性指標 Edf_n は Emf_n と相関があり、相関係数は有意に高かった。得られた回帰式から、弾性指標 Edf_n から Emf_n への換算が可能となった。

新大農研報, 62(2):89-95, 2010

キーワード：弾性指標、フィルム包装、非破壊法、熟度、共鳴周波数

非破壊で果肉硬度を推定するレーザードップラー振動法は、同一個体の物性変化のモニタリングを可能とした。レーザードップラー振動法は、振動している物体にレーザー光をあて、反射してきた光（ドップラー効果を受けた光）を利用して物体の振動そのものを計る方法である（村松、1999; 桜井、2004）。レーザードップラー振動法に関する研究はキウイフルーツ（Terasaki ら、2001b、c）、セイヨウナシ（Murayama ら、2006; Taniwaki ら、2009; Terasaki ら、2006）、リンゴ（元村ら、2004; Muramatsu ら、1997a、b、1999a、b; 長内ら、2003; Terasaki ら、2001a、）、メロン（Kuroki ら、2006）で報告されており、キウイフルーツ（Terasaki ら、2001b、c）、セイヨウナシ（Murayama ら、2006; 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することが報告さている。さらに、キウイフルーツ（Terasaki ら、2001c）、セイヨウナシ（Murayama ら、2006b）およびリンゴ（元村ら、2004）では、弾性指標と果肉硬度の間には高い相関が認められ、弾性指標から果肉硬度を推定できることが示されている。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（KN α-LA1、生物振動研究所）や非破壊硬度測定装置（Vp-2 型、生物振動研究所）が開発され、メロン（Kuroki ら、2006）、セイヨウナシ（知野ら、2009、2010）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、ニホンナシにおける弾性指標の計測は行われておらず、熟度指標の検討は行われていない。

ニホンナシに関わらず、果実がフィルム包装され、販売されている場合がある。フィルム包装は鮮度保持や品質保護を目的として行われており（古田、1998）、フィルムで果実を密閉すれば水分消失が抑えられ、果皮のしわの発生が抑制される。また、果皮が褐変しやすい果実では、フィルム包装によって表皮褐変の発生が抑えられる（Furuta ら、1992）。しかしながら、フィルム包装した果実の共鳴周波数を果実硬度測定装置（KN α-LA1、生物振動研究所）や非破壊硬度測定装置（Vp-2 型、生物振動研究所）で計測する場合、センサーと果実との間にはフィルムが存在し、フィルムが障害となる可能性がある。

本研究は、弾性指標によるニホンナシの熟度評価の基礎的試験として、レーザードップラー振動計の原理を応用して開発された果実硬度測定装置（KN α-LA1、生物振動研究所）ならびに非破壊硬度測定装置（Vp-2 型、生物振動研究所）でニホンナシ‘幸水’の共鳴周波数を測定した。さらに、フィルム包装した果実の熟度推定を目的として、フィルム包装が果実の共鳴周波数に及ぼす影響を調査した。また、弾性指標には２つの算出式があることから、果実重から算出した弾性指標と直径から算出した弾性指標の関係を明らかにし、換算式を得た。

材料および方法

１．収穫時のニホンナシ‘幸水’の果実特性の調査（試験１）

植物材料の‘幸水’の果実は、新潟県加茂市の生産者の圃場に植栽されている 22 年生樹から採取した。果実の採取は 2008 年８月 29 日に行った。‘幸水’果実の形状は扁平から球形であり、調査にはさまざまな形状の果実を使用した（図１）。採取後、果実重、直径（横径）、共鳴周波数、果肉硬度、弾性率、粘性率、および可溶性固形物濃を調査した。さらに、得られたデータから弾性指標を算出した。

[1] 新潟大学大学院自然科学研究科
[2] 新潟大学農学部
[*] 代表著者：kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

弾性指標の算出に利用する共鳴周波数の計測には果実硬度測定装置（KN α-LA1、生物振動研究所）および非破壊硬度測定装置（Vp-2型、生物振動研究所）を使用し、果実の赤道部の２か所を計測した（図２）。Cooke（1972）および Terasaki ら（2001a）の報告に従い、弾性指標（Emf_n）は共鳴周波数（f_n）と果実重（m）から算出した。本研究では、第２共鳴周波数（f_2）から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_2、第３共鳴周波数（f_3）から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_3 ならびに第４共鳴周波数（f_4）から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_4 と定義した。弾性指標（Emf_n）は以下の式［１］から算出した。

$$Emf_n = f_n^2 \cdot m^{2/3} \quad [1]$$

さらに、弾性指標は果実直径からも算出できることから、Kuroki ら（2006）の報告と同様に共鳴周波数（f_n）と直径（d）から算出した。第２共鳴周波数（f_2）と直径（d）から算出した弾性指標を弾性指標 Edf_2、第３共鳴周波数（f_3）と直径（d）から算出した弾性指標を弾性指標 Edf_3 ならびに第４共鳴周波数（f_4）と直径（d）から算出した弾性指標を弾性指標 Edf_4 と定義した。弾性指標（Edf_n）は以下の式［２］から算出した。

$$Emf_n = f_n^2 \cdot d^2 \quad [2]$$

果肉硬度、弾性率および粘性率は FUDOH レオメーター（RT-1002A･D、レオテック）で測定し、測定方法は Kojima ら（1992、1994）の方法を一部変更して行った。果実の赤道部から 10 mm の果肉切片を切り出し、果皮と外果皮（果心線）の中央部の果肉の４か所を測定した（図３）。レオメーターには 60°の円錐型のプランジャーを取り付け、貫入速度は 10 cm・min^{-1} とした。プランジャーの貫入深度（圧縮距離）は 4.3 mm とし、その時の最大応力を果肉硬度とした。その後、プランジャーを 4.3 mm の貫入深度で停止させ、弾性率および粘性率を算出するために減衰応力を 30 秒間計測した。

可溶性固形物濃度はデジタル糖度計（APAL-1、AS ONE）で測定した。測定部位は果肉硬度を測定した果肉とし、４つの果肉ブロック（約 1.0 cm^3）を調整し、それぞれの果汁の可溶性固形物濃度を測定した（図３）。

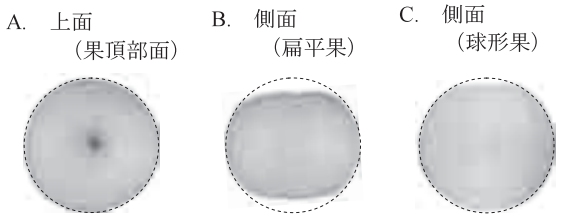

図１．ニホンナシ‘幸水’の果頂部面と側面の写真

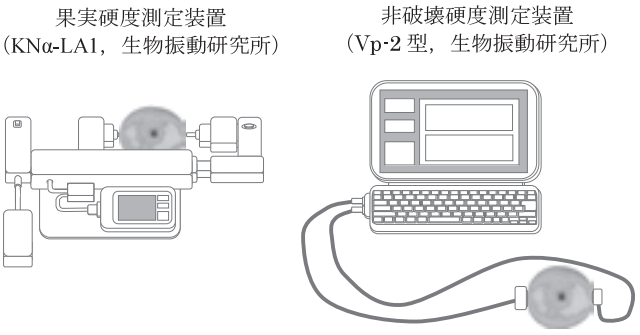

図２．果実硬度測定装置（KN α -LA1）および非破壊硬度測定装置（Vp-2型）による共鳴周波数の測定時のようす（模式図）

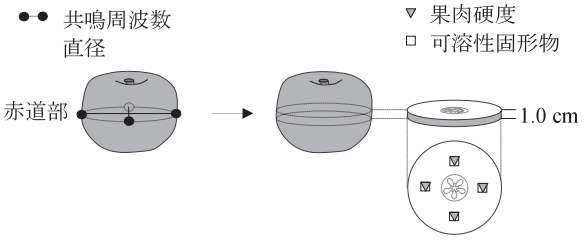

図３．果実特性の測定部位（模式図）

２．フィルムがニホンナシ‘幸水’の共鳴周波数に及ぼす影響（試験２）

植物材料の‘幸水’の果実は、試験１と同様に新潟県加茂市の生産者の圃場に植栽されている 22 年生樹から採取した。果実の採取は 2008 年８月 29 日に行い、25 ～ 28℃の室内に保存した。弾性指標の算出に利用する共鳴周波数、生重量および直径の計測は、収穫後０日、２日および４日に行った。共鳴周波数は果実硬度測定装置（KN α-LA1、生物振動研究所）および非破壊硬度測定装置（Vp-2 型、生物振動研究所）で計測した（図２）。試験１と同様に、果実の赤道部の２か所を計測した（図３）。フィルム区は果実を厚さ 30 μm のポリプロピレンフィルム（A タイプ、凸版印刷）に包んだ状態で共鳴周波数を計測し、対照区はフィルムがない状態で計測した。弾性指標は試験１と同様に算出した。

３．ニホンナシ‘幸水’の弾性指標の算出式の検討（試験３）

試験３では、試験２で得られたデータを使用した。共鳴周波数（f_n）と果実重（m）から算出した弾性指標 Emf_n と共鳴周波数（f_n）と直径（d）から算出した弾性指標 Edf_n の相関関係を調査した。

結　果

１．収穫時のニホンナシ‘幸水’の果実特性（試験１）

果肉硬度は 7.3 N であり，可溶性固形物濃度は 11.0 Brix％であった（表１）。果実硬度測定装置（KN α-LA1）で計測した収穫時の果実の第２共鳴周波数（f_2）は 608 Hz あり，f_2 と果実重から算出した弾性指標 Emf_2 は 18.1（×10^6），f_2 と直径から算出した弾性指標 Edf_2 は 30.5（×10^6）であった（表２）.

表１．収穫時のニホンナシ‘幸水’の果実特性

果実特性		計測値
果実重	(g FW)	342 ± 5.0
直径	(mm)	90.7 ± 0.4
果肉硬度	(g)	728 ± 6.4
弾性率	(×10^6)	84.2 ± 0.8
粘性率	(×10^7)	23.4 ± 1.1
可溶性固形物	(Brix %)	11.0 ± 0.2

値は平均±標準誤差を示す（n = 6）

表２．収穫時のニホンナシ‘幸水’の果実直径または果実重から算出した弾性指標

計測機器	共鳴周波数			弾性指標（Emf_n）			弾性指標（Edf_n）		
	f_2	f_3	f_4	Emf_2	Emf_3	Emf_4	Edf_2	Edf_3	Edf_4
	(Hz)			(×10⁶)			(×10⁶)		
KN α-LA1	608 ± 7.7	−	−	18.1 ± 0.5	−	−	30.5 ± 0.7	−	−
Vp-2 型	594 ± 7.5	893 ± 12	1,128 ± 15	17.3 ± 0.5	39.1 ± 1.2	62.4 ± 1.9	28.6 ± 0.4	63.7 ± 1.0	103 ± 1.5

値は平均±標準誤差を示す（n ＝ 6）

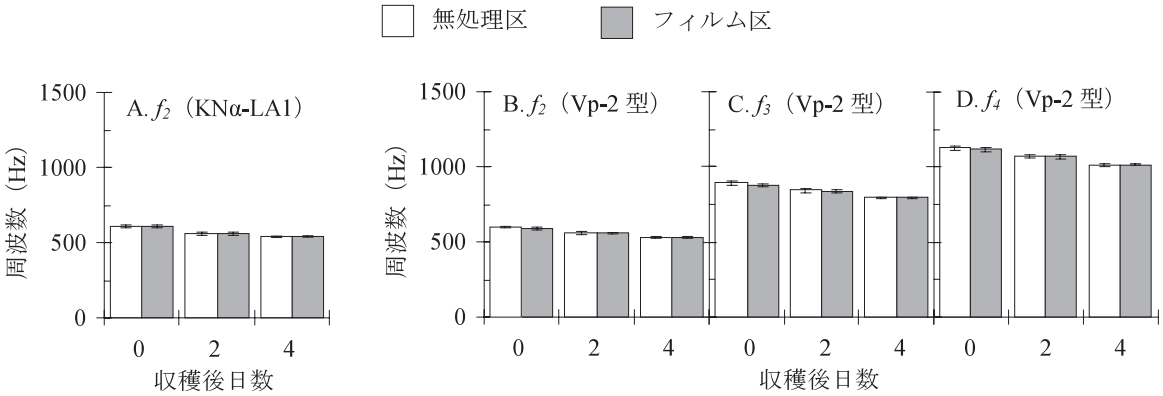

図４．果実硬度測定装置（KN α-LA1）および非破壊硬度測定装置（Vp-2型）で計測した共鳴周波数の変化

また，非破壊硬度測定装置（Vp-2 型，生物振動研究所）で計測した収穫時の果実の共鳴周波数は，それぞれ，594 Hz（f_2），893 Hz（f_3）および 1,128 Hz（f_3）あった（表２）。f_2 と果実重から算出した弾性指標 Emf_2 は 17.3（×10⁶），弾性指標 Emf_3 は 39.1（×10⁶）および弾性指標 Emf_4 は 62.4（×10⁶）であった（表２）。f_2 と直径から算出した弾性指標 Edf_2 は 28.6（×10⁶），弾性指標 Edf_3 は 63.7（×10⁶）および弾性指標 Edf_4 は 103（×10⁶）であった（表２）。

２．フィルムがニホンナシ‘幸水’の共鳴周波数に及ぼす影響（試験２）

無処理区の共鳴周波数のデータは試験１で得られたもの使用した（図４）。全ての測定日において，果実硬度測定装置（KN α-LA1）で計測した f_2 は処理間で差が認められなかった（図4A）。同様に，非破壊硬度測定装置（Vp-2 型，生物振動研究所）で計測した各共鳴周波数においても処理間で差が認められなかった（図 4B，C，D）。しかしながら，共鳴周波数は日数の経過ともに低下した（図４）。

得られた各共鳴周波数から弾性指標 Emf_n または Emf_n を算出し，無処理区とフィルム区の弾性指標の相関を調査したところ，全ての弾性指標において有意な相関が認められた（図５および図６）。

３．ニホンナシ‘幸水’の弾性指標の算出式の検討（試験３）

各共鳴周波数から算出した弾性指標 Emf_n と Emf_n との相関係数は高く，全ての区で有意な相関が認められた（図７および図８）。

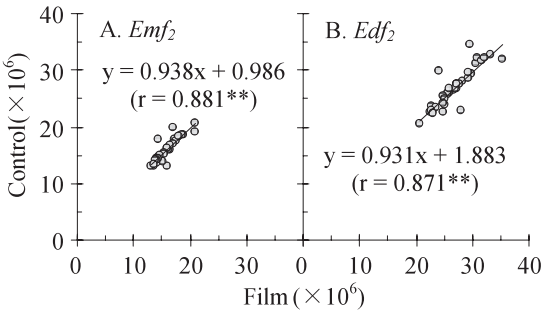

図５．フィルム包装した果実の弾性指標と無包装の果実の弾性指標との相関関係
果実の第２共鳴周波数は果実硬度測定装置（KN α-LA1）で計測し、Emf_2は第２共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標を示し、Edf_2は第２共鳴周波数と直径から算出した弾性指標を示す
(**) は１％水準の有意な相関を示す

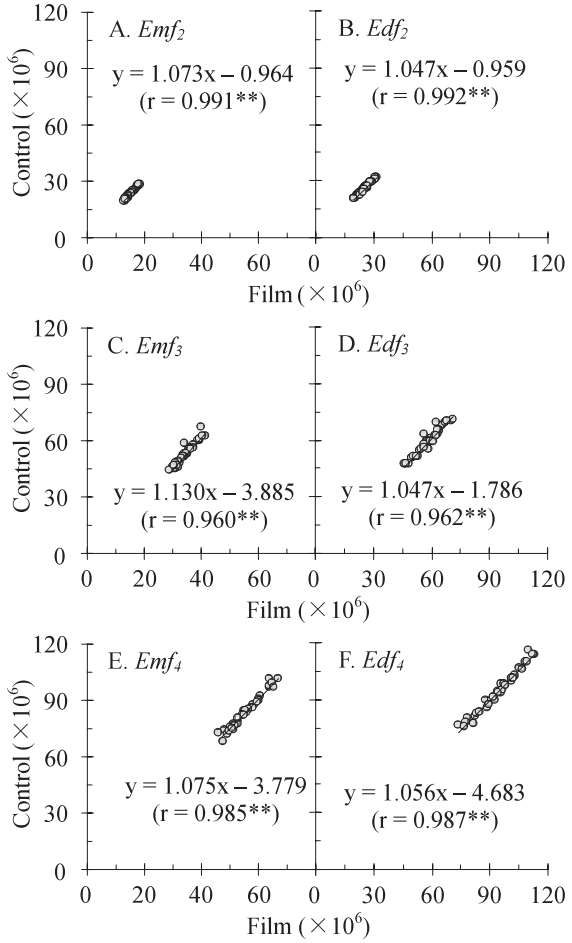

図6．フィルム包装した果実の弾性指標と無包装の果実の弾性指標との相関関係
果実の共鳴周波数は非破壊硬度測定装置（Vp-2型）で計測し、Emf_n は共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標を示し、Edf_n は共鳴周波数と直径から算出した弾性指標を示す
(**) は１％水準の有意な相関を示す

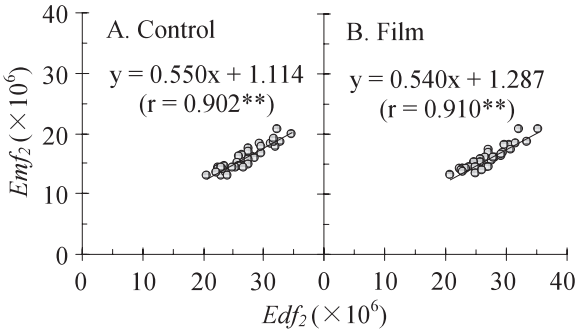

図7．果実硬度測定装置（KN α-LA1）で計測した第２共鳴周波数から算出した弾性指標 Emf_2 と Edf_2 との相関関係
Control はフィルム包装をしない無処理区を示し、Film はフィルム包装区を示す
Emf_2 は第２共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標を示し、Edf_2 は第２共鳴周波数と直径から算出した弾性指標を示す
(**) は１％水準の有意な相関を示す

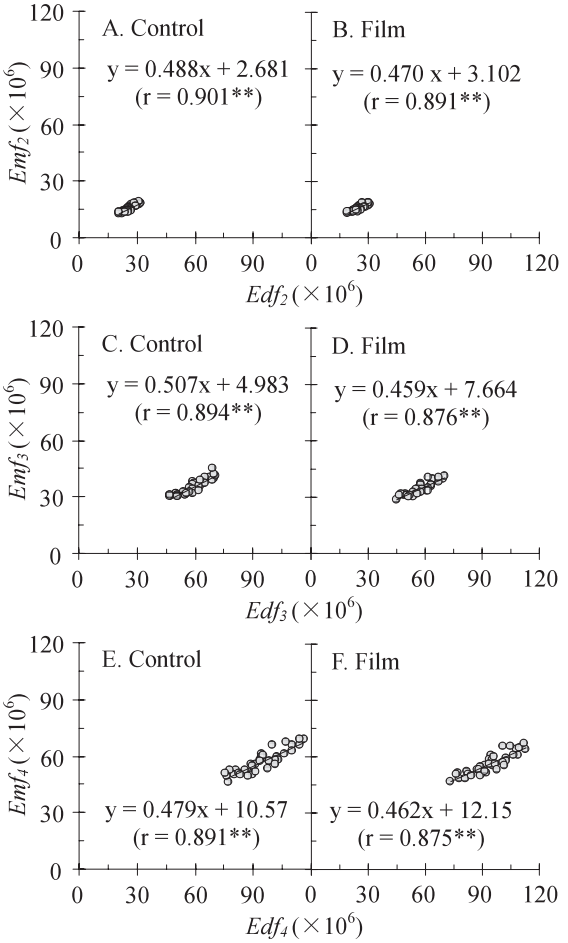

図8．非破壊硬度測定装置（Vp-2型）で計測した共鳴周波数から算出した弾性指標 Emf_n と Edf_n との相関関係
Control はフィルム包装をしない無処理区を示し、Film はフィルム包装区を示す
Emf_n は共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標を示し、Edf_n は共鳴周波数と直径から算出した弾性指標を示す
(**) は１％水準の有意な相関を示す

考　察

果実硬度測定装置（KN α-LA1）で計測した収穫適期のセイヨウナシ‘ル・レクチェ’の f2 は 880 Hz 前後であり、Emf_2 および Edf_2 は 40（$\times 10^6$）および 57（$\times 10^6$）であった（知野ら、2009）。その後、適食状態の‘ル・レクチェ’の f_2 は 550 Hz 前後まで低下し、Emf_2 および Edf_2 は 15（$\times 10^6$）および 21（$\times 10^6$）まで低下した（知野ら、2009）。一方、果実硬度測定装置（KN α-LA1）および非破壊硬度測定装置（Vp-2 型）で計測した収穫時のニホンナシ‘幸水’の f_2 は 600 Hz 前後であり、Emf_2 および Edf_2 は 17 ～ 18（$\times 10^6$）および 28 ～ 30（$\times 10^6$）であった。以前の報告および本試験の結果から、収穫時の‘幸水’の f_2 は、収穫適期の‘ル・レクチェ’よりも低く、適食状態の‘ル・レクチェ’よりも高いことが明らかになった。同様に、適食状態の‘幸水’果実の Emf_2 および Edf_2 も、収穫

適期の‘ル・レクチェ’よりも低く、適食時の‘ル・レクチェ’よりも高いことが明らかになった。

‘幸水’の共鳴周波数（f_n）は収穫後日数の経過とともに低下した（図４）。f_n の低下は、追熟中のキウイフルーツ（Terasaki ら、2001b、c）やセイヨウナシ（Murayama ら、2006; Taniwaki ら、2009）、ならびに貯蔵中のリンゴ（元村ら、2004; Muramatsu ら、1997a、b、1999a、b; 長内ら、2003; Terasaki ら、2001a）で認められている。さらに、キウイフルーツ（Terasaki ら、2001c）、セイヨウナシ（Murayama ら、2006）およびリンゴ（元村ら、2004）では、弾性指標（Emf_n）と果肉硬度の間には高い相関が認められ、Emf_n から果肉硬度を推定できることが示されている。本試験では、弾性指標と果肉硬度との関係の調査を行っていないが、‘幸水’の f_n が以前の報告と同様に低下したことから、弾性指標がニホンナシの新たな熟度指標となる可能性が示唆された。今後、‘幸水’を含めたニホンナシにおいて、果肉硬度と弾性指標との関係を明らかにする必要がある。

フィルム包装した果実の f_n は、無処理の果実の f_n と差が認められなかった（図４）。この結果から、果実のフィルムを剥がさずに f_n の計測ができ、弾性指標を算出できることが明らかになった。また、センサーと果実との間にフィルムを挟んだ状態で f_n を得られることから、密封状態のままで果実の弾性指標のモニタリングが可能である。セイヨウナシの場合、果皮の保護を目的としてフィルム包装された状態で果実が販売されている品種があり、非破壊である弾性指標はこのような品種の熟度評価において有効な技術になる。今後、弾性指標による熟度評価法が確立されれば、果肉硬度や簡易的な官能調査で発生する包装資材や果実の廃棄量の削減が図られる。

Cooke（1972）および Terasaki ら（2001a）の報告における弾性指標（Emf_n）の算出式は、球形の物体をモデルとした理論式である。弾性指標の算出には果実重を利用した報告（元村ら、2004; Murayama ら、2006、Taniwaki ら、2009; Terasaki ら、2001c）が多く、果実直径から算出した弾性指標に関する報告（Kuroki ら、2006; 中野ら、2008）は少ない。直径から算出した弾性指標（Edf_n）の利用は樹上の果実の物性のモニタリングを可能とし、樹上の肥大生長中の果実における成熟生理の解明に応用することができる。ニホンナシ‘幸水’はキウイフルーツやセイヨウナシよりも球形に近いが、果形は扁平形から球形に近いものまであり、形はさまざまである。さらに、果柄部およびがくあ部は中心に向かってくぼんでいる。そのため、弾性指標の算出に果実重を利用した場合、理論的な果実の直径（横径）は実際の果実よりも小さくなる。一方、弾性指標の算出に直径を利用した場合、理論的な果実の生重量（体積）は実際の果実よりも大きくなってしまう。そのため、果実重から算出した Emf_n は直径から算出した Edf_n と異なり、Emf_n で示された報告と Edf_n で示された報告を比較するには換算式が必要である。そこで、Emf_n と Edf_n の相関を調査したところ、両者の間には有意な相関が認められ、回帰式（換算式）が得られた（図７および図８）。この結果から、果実重が不明であっても直径から Edf_n を算出し、Emf_n に換算することが可能となった。しかしながら、本試験で得られた換算式が他の果実に応用できるかは不明である。今後、他の品種での比較や検討が必要である。

以上の結果から、本研究はニホンナシ‘幸水’の f_n を果実硬度測定装置ならびに非破壊硬度測定装置で計測し、果実包装に使用するフィルムが共鳴周波数の計測に影響しないことを証明した。また、得られた各共鳴周波数、果実重および直径を利用して Emf_n および Edf_n を明らかにし、Edf_n から Emf_n への換算式を得た。

謝　辞

本研究成果は、平成 20 年度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）」において得られた。また，本研究の実施にあたり、凸版印刷株式会社よりフィルムを提供して頂いた。ここに記して深く感謝の意を表する。

引用文献

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.

知野秀次・太田祐樹・二木明日香・齋藤洋太郎・黒坂　俊・大塚伸吾・坂井　優・松本辰也・児島清秀．2010. セイヨウナシ‘越さやか’における追熟中の果実特性の変化ならびにフィルム包装が果実追熟に及ぼす影響．*園学研*，**9**: 99-105

Cooke, J. R. 1972. An interpretation of the resonant behavior of intact fruit and vegetables. *Trans. ASAE*, **15**: 1075-1080.

古田道夫．1998. 低温および包材活用による果実等の流通技術開発．*日食保蔵科誌*，**24**: 125-133.

Furuta, M., S. Asano and S. Imai. 1992. Prevention of browning of the peel of pears by polyethylene film packaging. *Packaging Technol. Sci.*, **5**: 91-100.

Kojima, K., N. Sakurai and S. Kuraishi. 1994. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. *Physiol. Plant.*, **90**: 772-778.

Kojima, K., N. Sakurai, S. Kuraishi, R. Yamamoto and A. Inaba. 1992. Physical measurement of firmness of banana fruit pulp: determination of optimum conditions for measurement. *Postharvest Biol. Technol.*, **2**: 41-49.

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.

村松　昇．1999. 果実の物理性の測定法．*果樹試報*．**33**: 17-35.

Muramatsu, N., N. Sakurai, N. Wada, R. Yamamoto, T. Takahara, T. Ogata, K. Tanaka, T. Asakura, Y. Ishikawa-Takano and D. J. Nevins. 1999a. Evalution of fruit tissue and internal disorders by laser Doppler detection. *Postharvest Biol. Technol.*, **15**: 83-88.

Muramatsu, N., N. Sakurai, N. Wada, R. Yamamoto, K. Tanaka, T. Asakura, Y. Ishikawa-Takano and D. J. Nevins. 1997a. 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. 1999b. Remote sensing of fruit textural changes with a laser Doppler vibrometer. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **125**: 120-127.

Muramatsu, N., N. Sakurai, R. Yamamoto, D. J. Nevins, T. Takahara and T. Ogata. 1997b. Comparison of a non-destrucive acoustic method with an intrusive method for firmness measurement of kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.*, **12**: 221-228.

Murayama, H., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006. Nondestructive method for measuring fruit ripening of 'La France' pears using a laser Doppler vibrometer. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **75**: 79-84.

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トマトの果肉硬度の非破壊評価．*園学研*，**7**: 543-547.

長内敬明・元村佳恵・桜井直樹．2003. 無袋リンゴ「ふじ」果実の臭化メチル処理が内部褐変の発生，果肉硬度，果肉の弾性に及ぼす影響．*食科工*，**50**: 254-258.

桜井直樹．2003. レーザードップラー装置による果実の非破壊的粘弾性測定．*日本バイオレオロジー学会誌*，17: 92-97.

櫻井直樹．2004. 果実の硬さで食べ頃・取り頃を知る技術．*農及園*，**17**: 1286-1292.

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. *Transactions of 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 posthavest 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. *Transactions of ASAE*, **44**: 81-87.

Effect of Polypropylene Film on Measurement of Resonance Frequency in Japanese Pear 'Kosui'

Shuji CHINO[1], Yuuki OHTA[1], Shun KUROSAKA[1], Yotaro SAITO[1], Shingo OHTSUKA[1], Yu SAKAI[1], Asuka FUTATSUGI[2] and Kiyohide KOJIMA[1*]

(Received January 12, 2010)

Summary

In this study, the resonance frequency of the Japanese pear 'Kosui' was measured by a fruit firmness measurement device (KN α-LA1) and a nondestructive firmness measurement device (Vp-2). The effect of polypropylene film on the measurement of the resonance frequency in the Japanese pear 'Kosui' was also determined. The frequency of second resonance (f_2) of the fruit at harvest time measured by the fruit firmness measurement device (KN α-LA1) was 608 Hz, the elasticity index (Edf_2) calculated from the f_2 and the fruit weight (m) was 18×10^6, and the elasticity index (Emf_2) calculated from the f_2 and the diameter (d) was 30.5×10^6.The resonance frequencies of the fruit at harvest time measured by the nondestructive firmness measurement device (Vp-2) were 594 Hz (f_2), 893 Hz (f_3; third resonance) and 1,128 Hz (f_4; fourth resonance), respectively. Elasticity indices (Emf_n) calculated from the f_n and m were 17.3×10^6 (Emf_2), 39.1×10^6 (Emf_3) and 62.4×10^6 (Emf_4), respectively. Elasticity indices (Edf_n) that were calculated from the f_n and d were 28.6×10^6 (Edf_2), 63.7×10^6 (Edf_3) and 103×10^6 (Edf_4), respectively. Resonance frequencies and elasticity indices of the fruit decreased with the increase in time after harvest. Resonance frequencies of the film-packaged fruit were similar to the non-packaged fruit, and it was clarified that the film did not influence the measurement of the resonance frequency. Elasticity indices (Edf_n) correlated with elasticity indices (Emf_n), and correlation coefficients were significantly high. Conversion from elasticity index (Edf_n) to elasticity indices (Emf_n) became possible from the obtained regression.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 62(2):89-95, 2010

Key words : elasticity index, film packaging, nondestructive method, resonance frequency, ripeness

[1] Graduate School of Science and Technology, Niigata University

[2] Faculty of Agriculture, Niigata University

[*] Corresponding author: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp