

メロン品種「タカミ」における固有振動数と果肉硬度の関係

藤井雄樹・安藤利夫・竹内大造・飯嶋直人

キーワード：メロン，打音解析法，固有振動数，非破壊，熟度推定

I 緒 言

近年，メロンの消費は減少しており，2013年の1世帯当たりの消費は，2003年比で金額は57%，消費数量は64%となるなど，果実類の中でも消費の減少が著しい（総務省統計局，2019）．Forbus et al. (1991) によれば，熟度はメロン品質の重要な面の1つとされているが，Hirai et al. (2007) は熟度のばらつきは品種によって異なり，生産から消費までの各段階で問題となり得ると報告している．このことより，熟度のばらつきの大きさはメロンの消費にマイナスに作用すると考えられた．熊王ら (2015) は，温室メロンの「買いたさ」には「熟れた果肉による味・食感・香りによる癒され感」が重要と報告していることから，メロンの果肉の硬さを非破壊で調査し食べ頃を具体的に示すことができれば，消費促進の一助となる可能性がある．千葉県の主力品種である「タカミ」（（公財）園芸植物育種研究所）でも他品種のメロンと背景は同様であると考えられた．

メロンの非破壊による果肉の硬さの推定に用いられる様々な方法のうち，研究には振動を用いた手法が採用されている．このうち，打音解析法（水野ら，1991；川中，1996；荒川ら，2004）は，メロンを叩いた時に発生する打音から，そのメロン固有の振動数を算出し，その数値で果肉硬度を推定する手法である．この打音解析法は，石上（1994）によれば，近赤外線分光法と比べると推定誤差が小さく，メロン果肉硬度の非破壊測定法として優れているとされている．荒川ら（2004）によれば，果肉硬度推定のための検

量線は品種毎に作成する必要があるとされているが，現在までに「タカミ」についての報告はない．

そこで本研究では，「タカミ」を用いて，貯蔵に伴う固有振動数の変化及び果肉硬度の変化について検討を行った．

II 材料及び方法

1. 2014年収穫の「タカミ」（小型ハウス栽培）の固有振動数，果肉硬度，果実糖度の変化

(1) 供試材料

千葉県農林総合研究センター東総野菜研究室（千葉県旭市）で2014年に栽培した「タカミ」を供試した．栽培方法は小型ハウス栽培で，施肥は慣行に準じ，整枝方法は2本整枝，収穫果数は1株4果どりとした．受粉には放飼したセイヨウミツバチを用いた．収穫は，果梗基部に離層が出ているのを確認して，小型ハウス栽培における生産地での目安である開花後60日前後となるよう，6月18日に一斉に行った．果実重量1,500g程度のものを24果供試した（第1表）．

(2) 包装及び貯蔵方法

収穫後，全ての果実の固有振動数を測定し，各試験区を4果として，試験区ごとの固有振動数の平均値がほぼ同じとなるように割り振った．固有振動数の測定後，フルーツキャップをつけた果実を出荷用の段ボール箱に入れ，「タカミ」の収穫期である6～7月の外気温を想定し，25℃設定のプレハブ冷蔵庫内で20日後まで貯蔵した．

冷蔵庫内の湿度は，加湿器と散水によって，80%前後と

第1表 供試したメロンの耕種概要及び果実重量

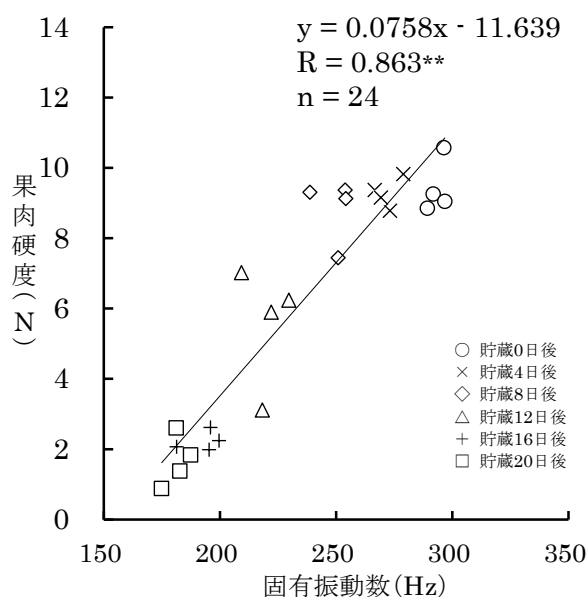
試験年次	栽培様式	試験区名	播種日	定植日	交配日	収穫日	開花後日数	果実重量(g)	調査果数
2014年	小型ハウス栽培	ハウスA	2月12日	3月18日	4月16～24日	6月18日	55～63日	1,543±154	24
2015年	小型ハウス栽培	ハウスB	2月9日	3月18日	4月20～25日	6月19日	55～60日	1,934±271	16
	露地トンネル栽培	露地トンネルB	3月9日	4月2日	5月8～13日	7月3日	51～56日	1,589±235	16

注)果実重量は平均値±標準偏差.

2019年8月2日受領 (Received August 2, 2019)

2020年1月7日登載決定 (Accepted January 7, 2020)

本報の一部は，2017年園芸学会秋季大会（2017年9月，江別市）において発表した．



第1図 2014年収穫の「タカミ」(小型ハウス栽培)における固有振動数と果肉硬度の関係

注)**は危険率1%で有意差があることを示す(スピアマンの順位相関係数検定)。

なるように加湿を行った。

(3) 調査項目及び調査方法

固有振動数は、打音解析測定装置((株)タカエンジニアリング製)を用いて測定した。測定は収穫当日及び貯蔵後4日おきに実施し、メロンをマイクが内蔵された測定台に置き、装置付属のパチで赤道面の5か所を軽く叩き、そこから最大値及び最小値を除いた3データの平均値を固有振動数として記録した。なお、本試験における固有振動数は、果実1kg当たりに補正した値を用いた。

果肉硬度は、クリープメータ(RE2-33005C型、(株)山電製)を用いて、メロン可食部の中部における硬度を測定した。測定は収穫当日及び貯蔵後4日おきに実施した。メロンを赤道面で2分割し、下半分の可食部の中部から20mm角の立方体に切り出したブロックの中央部に、プランジャーを赤道面から深さ10mmまで貫入させた時の最大応力とした。

プランジャーは直径5mmの円筒型で、移動速度は60mm/分であり、1果につき3か所測定を行った。

糖度は、果肉硬度測定時と同様に可食部の中部からブロックを1果につき3片切り出し、絞った汁液を屈折糖度計(PR-101、(株)アタゴ製)で測定した。糖含量は、糖度測定に使用した汁液を100倍希釈して高速液体クロマトグラフ(Nexera-X2、(株)島津製作所製)でショ糖、ブドウ糖、果糖の含量を定量した。分離カラムにShim-pack SCR-101N((株)島津製作所製、直径7.9mm、長さ300mm)を用いて測定し、カラム温度50℃、移動相は水、流速1mL/分とし、検出器は示差屈折計(RID-20A、(株)島津製作所製)を使用した。

2. 2015年収穫の「タカミ」(小型ハウス栽培、露地トンネル栽培)の固有振動数、果肉硬度の変化

(1) 供試材料

2015年に東総野菜研究室で栽培したものを供試した。栽培方法は小型ハウス及び露地トンネル栽培で、施肥は慣行に準じ、整枝方法は2本整枝、収穫果数は1株4果どりとした。収穫は、生産地の目安である開花後日数を基準とし、小型ハウス栽培では開花後60日、露地トンネル栽培では開花後55日を含むよう、小型ハウス栽培で開花後55～60日となる6月19日に、露地トンネル栽培は開花後51～56日となる7月3日にそれぞれ一斉に行った。小型ハウス栽培には果実重量1,900g程度のもの、露地トンネル栽培には同1,600g程度のものを供試した(第1表)。

(2) 包装及び貯蔵方法

全ての果実の固有振動数を測定し、各試験区を4果として、試験区ごとの固有振動数の平均値がほぼ同じとなるように割り振った。貯蔵方法及び温湿度条件は前項と同様とした。

(3) 調査項目及び調査方法

固有振動数は、前項と同様に打音解析測定装置を用いて測定した。果肉硬度も、前項と同様にクリープメータを用いて測定した。

III 結 果

1. 2014年収穫の「タカミ」(小型ハウス栽培)の固有振動数、果肉硬度、果実糖度の変化

「タカミ」の固有振動数、果肉硬度とも貯蔵に伴って減少した。固有振動数の平均値は貯蔵0日後では 296 ± 3 Hzであったが、貯蔵12日後には 219 ± 5 Hzとなり、貯蔵20日後には 182 ± 3 Hzとなった。果肉硬度の平均値は貯蔵0日後では 9.4 ± 1.0 Nであったが、貯蔵12日後には 5.6 ± 0.6 Nとなり、貯蔵20日後には 1.7 ± 0.2 Nとなった。また、固有振動数と果肉硬度の間に相関係数 $R=0.863$ (スピアマンの順位相関係数検定、 $p<0.01$)の強い相関関係が認められた(第1図)。

可食部の中部における糖度及び糖含量は、貯蔵日数が経過しても有意差が認められなかった(第2表)。

2. 2015年収穫の「タカミ」(小型ハウス栽培、露地トンネル栽培)の固有振動数、果肉硬度の変化

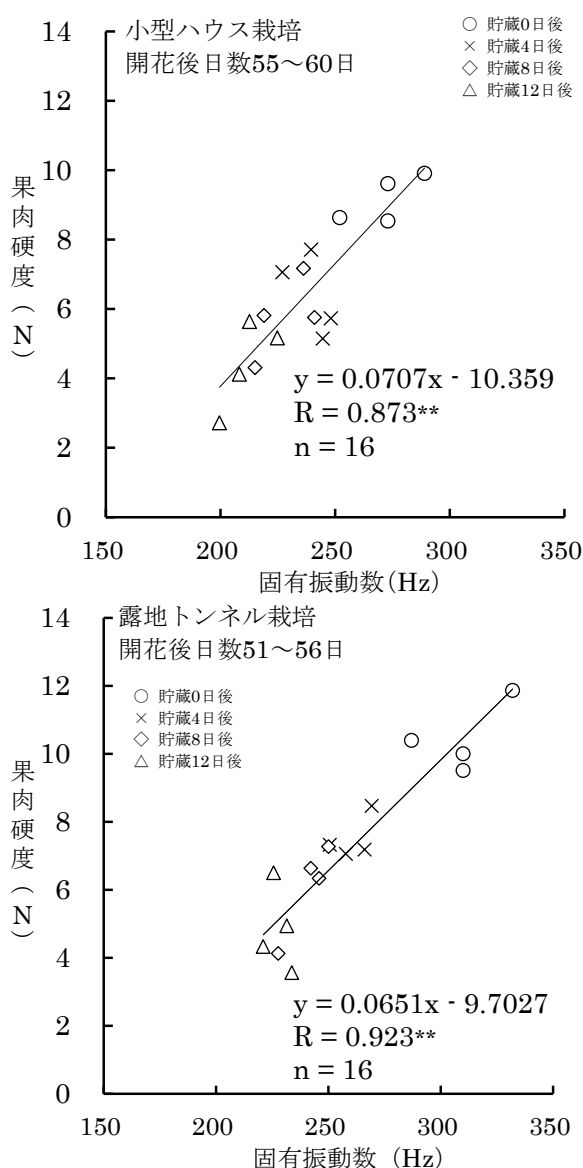
小型ハウス栽培及び露地トンネル栽培の両方で、「タカミ」の固有振動数、果肉硬度はともに貯蔵に伴って減少した。小型ハウス栽培では、固有振動数の平均値は貯蔵0日後では 271 ± 4 Hzであったが、貯蔵12日後には 211 ± 4 Hzとなった。果肉硬度の平均値は貯蔵0日後では 9.2 ± 0.9 Nであったが、貯蔵12日後には 4.4 ± 0.4 Nとなった。露地トンネル栽培では、固有振動数の平均値は貯蔵0日後では

第2表 2014年収穫の「タカミ」（小型ハウス栽培）における貯蔵後の糖度及び糖含量の推移

貯蔵日数	糖度 (Brix%)	可食部の中部における糖含量		
		ショ糖 (g/100g汁液)	ブドウ糖 (g/100g汁液)	果糖 (g/100g汁液)
0日	14.6	7.7±1.3	2.6±0.1	2.4±0.1
4日	14.1	7.3±0.7	2.7±0.1	2.4±0.1
8日	15.2	8.6±0.9	2.5±0.2	2.3±0.2
12日	14.8	8.2±0.8	2.6±0.3	2.4±0.3
16日	13.9	7.5±0.6	2.3±0.3	2.2±0.2
20日	14.0	7.6±1.0	2.3±0.3	2.3±0.3
分散分析	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1)分散分析のn.s.は5%水準で有意差がないことを示す。

2)糖含量は平均値±標準偏差。



第2図 2015年収穫の「タカミ」（小型ハウス栽培，露地トンネル栽培）における固有振動数と果肉硬度の関係

注)**は危険率1%で有意差があることを示す（ピアソンの相関係数検定）。

310±3Hzであったが、貯蔵12日後には227±2Hzとなった。果肉硬度の平均値は貯蔵0日後では10.4±1.1Nであったが、貯蔵12日後には4.8±0.5Nとなった。また、固有振動数と果肉硬度の間に小型ハウス栽培で相関係数R=0.873、露地トンネル栽培で相関係数R=0.923（いずれもピアソンの相関係数検定、p<0.01）の強い相関関係が認められた（第2図）。

IV 考 察

メロンの消費減少の一因として、熟度のばらつきの大きさが挙げられるが、生産現場においては栽培様式ごとの開花後日数目安の設定等による熟度管理がなされている。しかし、こうした管理を行っても、気象条件や株ごとの生育差によって熟度にばらつきが生じる。栽培管理による果実熟度の均一化には限界があるため、本研究では「タカミ」の固有振動数と果肉硬度の関係を明らかにすることにより、果肉硬度の推定を目指した。「タカミ」は、栽培年次や小型ハウス栽培、露地トンネル栽培などの栽培様式が異なっても、貯蔵期間に応じて固有振動数と果肉硬度は徐々に減少することが明らかとなり、また両者の間には高い相関関係が認められた。このことから、荒川ら（2004）の報告同様に、「タカミ」についても固有振動数が果肉硬度の推定指標として適用でき、将来的には固有振動数から食べ頃を示すことができるものと考えられた。

本研究で得られた固有振動数と果肉硬度の関係については、荒川ら（2004）の報告に比べ、相関係数がやや低い。このことについて、水野ら（1991）の報告では、楕円形の「キンショー」メロンについて、固有振動数の補正は重量だけでは不十分とされており、相関係数の低さは「タカミ」のやや楕円な形状の影響を受けている可能性がある。石上（1994）は、栽培年度の異なる2品種のアールスメロンについて、測定した固有振動数の補正法として、円周による補正を行い、良好な結果を得た。このことから、固有振動数の補正には果実の長さを活用できる可能性がある。

VI 摘 要

「タカミ」メロンを貯蔵し、打音解析法によって得られた固有振動数と果肉硬度の関係を、栽培年次や小型ハウス栽培及び露地トンネル栽培などの栽培様式を変えて検討した。また、貯蔵時の糖度及び糖含量の推移についても検討した。

1. 固有振動数及び果肉硬度は「タカミ」の貯蔵に伴って減少した。
2. 固有振動数と果肉硬度の間には正の相関関係が認められた。
3. 果肉の糖度及び糖含量には、貯蔵 0 日後から貯蔵 20 日後までの間で大きな変化が認められなかった。

VII 引用文献

- 荒川 博・松浦英之・大場聖司 (2004) 静岡農試研報 49: 1-8.
- Forbus, W. R. Jr., G. G. Dull and D. A. Smittle (1991) *J. Food Qual.* 15: 119-127.
- Hirai, G., S. Komiyama, A. Yamaguchi, A. Yamamoto and K. Masuda (2007) *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 76: 237-243.
- 石上 清 (1994) 静岡農試研報 38: 21-28.
- 川中道夫 (1996) 農業機械学会誌 58: 105-106.
- 熊王康宏・中根 健・神谷径明・山本寛人 (2015) 日本感性工学会 14: 1-7.
- 水野雅史・土田広信・本郷昭三・伊地知武吉・水野 進・渡辺一憲 (1991) 園学雑 60: 83-89.
- 総務省統計局 (2019) 家計調査 二人以上の世帯.
<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003021328> 最終アクセス 2019年9月10日.

Relationships between Acoustic Impulse Response and Fruits Firmness of ‘Takami’ Melon

Yuki FUJII*, Toshio ANDO, Daizo TAKEUCHI and Naoto IIJIMA

Key words: melon, Takami, estimation of ripeness, acoustic impulse response method, non-destructive

Summary

We investigated the relationship between the acoustic impulse response of ‘Takami’ melon and fruit firmness in greenhouse and field crops. We stored melons in a refrigerator for 20 days and measured their acoustic impulse response and the firmness of flesh blocks every 4 days. We also measured Brix (%) and sugar contents of flesh. The acoustic impulse response and flesh firmness were strongly correlated, as in ‘Earls’ melon.

1. Both acoustic impulse response and flesh firmness decreased with longer storage.
2. Acoustic impulse response and flesh firmness were correlated.
3. There was no significant difference in Brix (%) or sugar contents over time in melon fruits during 20 days’ storage.

*Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1 Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan