

ブラッドオレンジ‘タロッコ’粒化症果における果実品質の特徴

伊藤史朗 大内優一郎* 越智洋之**

Characteristics of the quality abnormal fruit on blood orange ‘Tarocco’ in Ehime prefecture

ITOU Fumiaki, OOUCHI Yuichiro and OCHI Hiroyuki

要 旨

ブラッドオレンジ‘タロッコ’において砂じょうに果汁が蓄積されない粒化症果が発生した。この果実の市場流出を防止するため品質12項目を調査し、その特徴を検討した。その結果、正常果と粒化症果の間には色調、果形指数および糖度など10項目において明らかな違いがみられた。なかでも果肉歩合、変形量、硬度、果皮厚および比重の5項目については目視で評価した粒化症程度との相関が高かった。これらの知見は非破壊計測の技術開発時に有益である。

キーワード：ブラッドオレンジ‘タロッコ’，果汁，果肉歩合，硬度，果皮厚

Abstract

Blood orange ‘Tarocco’ fruit that had lost its juice occurred in Ehime. To prevent granulated fruit from being distributed to the market, we investigated the quality of 12 items. Granulated fruits were different in 10 items such as peel color, weight and sugar content compared to normal fruits. Above all there was a high correlation between pulp percentage, deformation rate, pulp thickness, specific gravity and the extent of fruit juice loss. These results can be used to develop non-destructive measurement technology.

Key Words : blood orange ‘Tarocco’ , juice, pulp percentage, hardness, pulp thickness

1. 緒言

ブラッドオレンジは果皮および果肉部にアントシアニン（以下、色素と記載）を有するカンキツの総称であり、品種として‘タロッコ’，‘モロ’，‘サンギネロ’等が存在する（山口ら，1977；越智，2012）。なかでも‘タロッコ’は比較的大果で良食味であることから生食に適する（愛媛県南予地方局産業振興課，2011）。愛媛県では気候温暖化に対応可能な新たなカンキツとして2004年以降に導入されて以来、宇和島市などで生産量が増加している（菊池，2013；愛媛県南予地方局産業振興課産地育成室，2013；愛媛県農林水産部農産園芸課，2019）。

このような状況のなか、2017年に果肉部の砂じょうに果汁が蓄積されていない果実の発生を複数の関係者が一部の圃場で確認した（図1）。河瀬（2000）によると、カンキツ

果実の砂じょうの形態的異常を総称しス上がりと呼び、さらに症状の違いによって粒化症、ゼリー化症および砂じょう乾燥症に分類されるとあるが、これまでの限定的な調査では粒化症が多くみられたことから関係者は粒化症果と呼んでいる。発生時期に関しては10月の確認事例がある（図1）。冬季に氷点下となる寒波の襲来によって発生した3月の事例（文室ら，2014；伊藤ら，2015）とは発生要因が異なると推察され、砂じょうの形態的異常の他に果実品質上の特徴が存在する可能性がある。商品性の低い粒化症果の市場流出は産地ブランドに悪影響を及ぼすことから、当該果実の品質に着目した原因究明と市場流出防止策が今後において必要となる。

そこで、必要な対策のうち当所では粒化症果の市場流出防止策について取り組んだ。取り組むにあたって二段階の試験を設け、第一段階では発生事例が少ないことから果実品

*現 愛媛県中予地方局産地戦略推進室

**現 愛媛県果樹研究センターみかん研究所



図1 果汁が消失したブラッドオレンジ
‘タロッコ’の果肉赤道部
(左：10月収穫 右：3月収穫) 【73 ページ】

質を詳しく調査し、砂じょうの形態的異常の他の果実品質上の特徴を調査した。第二段階では本県において糖度確認のための光センサー選果機が複数導入されている現状を鑑み、粒化症果に対する非破壊計測法の判別精度について第一段階で得られた調査結果も含めて検討する。まず、本報では‘タロッコ’粒化症果の品質の特徴について報告する。

2. 材料および方法

品質調査用の供試果実とは宇和島市にあるみかん研究所内の圃場から2017年3月8日に

収穫した個体群 (n=159) とした。調査は表1に示す12項目について3月14~17日に実施した。そのうち達観的な調査である果肉部の粒化症程度については果樹分野の研究者3名により外観(内観)を評価した。すなわち、内観となる粒化症程度は果実赤道部で切断後、果肉部の果汁の状態を目視で確認し、表2の基準から最も近い程度を選定した。また、各程度の境界は不明瞭であることから、各程度を代表するモデル果実(図2)を別途準備し、調査時にはこれら果実と比較しながら判定を行った。

粒化症程度以外の調査は種々の測定機器を用いる方法であることから、取得されたデータには再現性が期待できる。また、調査にあたり同一果実から複数の品質データを取得するため、非破壊計測可能な項目は前半に、切開や搾汁など果実に対し破壊や損傷を伴う項目は後半に実施した。さらに物性の2項目(変形量および硬度)の測定条件は予備試験結果から導出したもので、物性測定後の果実において外観上の損傷がみられなかったことから非破壊計測可能な項目として取り扱った。

表1 調査項目ならびに測定条件等

分類	項目	単位	機器、型番など	測定条件など
内観	粒化症程度	-	なし	果実赤道部を切開後、果肉部状態を表2の4段階で果樹分野の研究者3名により評価
色調	果皮色調	a*	色彩色差計 Minolta製 CR-300	赤道部2か所の平均値
形状	果形指数	-	ノギス	果実の縦径/横径
	果梗軸径	mm	〃	果柄軸の直径
	果皮厚	mm	〃	外果皮の厚み
重量	果実重	g	電子天秤	
	果肉歩合	%	〃	(剥皮後の果実重) / (果実重)
	比重	w/v	〃	重量は電子天秤、体積は菜種置換法でそれぞれ計測後に算出
成分	糖度	° Brix	糖度計	
	クエン酸	g/100ml	中和滴定法	
物性	変形量	mm	レオメータ サン科学製 COMPAC-100 II	果実に対し15N負荷時の変形量 プランジャーの速度は1mm/s、 形状は直径10mmの球圧子 測定部位は赤道部(1か所)
	硬度	MPa	〃	〃

アンダーラインの項目は非破壊での調査が可能

表2 ブラッドオレンジ‘タロッコ’
粒化症程度の判別基準²

程度	果肉部の特徴
0	異常なし
1	硬化した砂じょうを僅かに確認 果汁減少はみられない
2	硬化した砂じょうを部分的に確認 果汁減少を一部確認
3	硬化した砂じょうを全体的に確認 果汁減少を全面的に確認

² 筆者が設定

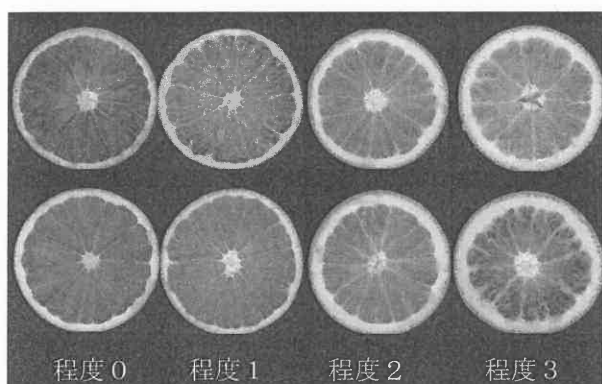


図2 ブラッドオレンジ‘タロッコ’粒化症
程度判定のためのモデル果実【73ページ】

3. 結果および考察

まず、果肉部の粒化症程度別出現割合について述べる(図3)。程度0(正常果)が48.2%と最も多く、次いで程度3が34.2%、程度1が16.5%、程度2が1.2%の順であった。品種は異なるが、甘夏の事例では粒化症程度は時間が経過するにつれて重症化している(河瀬, 2000)。今回の‘タロッコ’の事例では前述のとおり秋頃からの発生が確認されており、主に1~2月に襲来する寒波の影響を受け発生する低温障害果の事例に比べると経過時間は長い。このことが粒化症程度の重症化に繋がり程度3が多くなった可能性がある。加えて程度3の果実は果汁が減少した部位を目視で容易に確認できることから消費者からのクレームに繋がりやすい。今後、粒化

症果の判別にあたって最も重要視すべき程度と推察された。なお、今回の調査結果は単年度かつ特定圃場を対象としているため、今後も引き続き調査を行い詳細なデータの蓄積が望ましい。

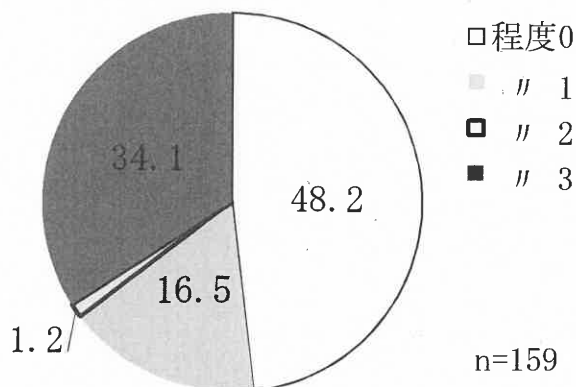


図3 ブラッドオレンジ‘タロッコ’における
粒化症程度出現割合 (%)

次に品質12項目の調査結果を表3に示す。調査項目毎に単位が異なり単純に比較できないことから変動係数を追記した。粒化症程度の変動係数は1.1であり、これは他の11項目に比べて2倍以上を示しバラツキは大きかった。粒化症程度の調査法は達観であることから簡便かつ低コストであり現場で利用される可能性は高い。しかし、今後検討する非破壊計測技術の精度にこのバラツキが影響する可能性があるため、種々の計測機器を用いて取得した品質データとの関連性も検討しておく必要性は高いと考えられた。

続いて品質12項目のうち粒化症程度別にそれ以外の11項目を再集計した(表4)。項目別にみると、粒化症程度0と1の間には7項目で、また、程度0と3の間に果梗軸径を除く10項目で統計上の有意差があり明らかな違いがみられた。これまでの現地調査結果から砂じょうの形態的異常に関する関係者の意見はあったため粒化症程度の判断基準に反映させ調査を進めたが、新たに10項目の品質上の特徴を確認できた。なお、項目間での比較のため変動係数にも着目したが、いずれも0.0~0.3の範囲にあり、前述した粒化症程度のバラツキに比べて小さかった。

これらの結果から果梗軸径を除く10項目の調査は達観による粒化症程度の調査法に比

べると煩雑であるが、機器を用いることでバラツキが小さく等間隔性も保たれるほか、調査者の違いによる影響が少ないなど異なるメリットがある。今後、これらの品質に着目しながら複数の検量線を作成し、その中から最も判別精度の良い検量線の選定を行うことで非破壊計測技術の開発を目指す。

表3 ブラッドオレンジ‘タロッコ’²の果実品質

分類	調査項目	単位	平均値	標準偏差	変動係数
内観	粒化症程度	-	1.2	1.4	1.1
色調	果皮色調 ³	a*	32.1	2.9	0.1
形状	果形指数	-	107.6	6.9	0.1
	果梗軸径	mm	3.9	0.5	0.1
	果皮厚	mm	4.2	1.1	0.3
重量	果実重	g	138.7	30.0	0.2
	果肉歩合	%	75.7	7.2	0.1
	比重 ⁴	w/v	0.9	0.0	0.1
成分	糖度 ⁵	° Brix	13.3	1.5	0.1
	クエン酸 ⁶	g/100ml	1.4	0.4	0.3
物性	変形量 ⁷	mm	4.9	1.7	0.4
	硬度 ⁸	MPa	2.9	1.2	0.4

² 3/8 に収穫した個体群 (n=159)

³ 色彩色差計 M 製 CR-300

⁴ 重量は電子天秤、体積は菜種置換法で計測し算出

⁵ 屈折糖度計

⁶ 中和滴定法

⁷ レオメータ S 製 COMPAC-100 II

これまで粒化症果の判別にあたり砂じょうの形態的異常を主体に検討を進めてきたが、新たに形状、重量、成分および物性が特徴的な品質として追加されたことから、改めて品質の相互関係について検討した。各品質間の相関係数 (r) を算出し行列で記載した (図

4)。また、相関係数の有意性はサンプル数 (n) に影響を受ける (柳井, 2013) ことから、今回の試験で供試した果実数 (n=159) を代入しつつ別途試算すると $r=0.156$ が算出された。この値が 5%水準における有意性の目安となり、今回の結果に反映させると果梗軸径を除く 10 項目で粒化症程度との間に有意性が認められた。一般に $r=\pm 0.7$ 以上の場合に強い相関があるとされる (柳井, 2013) ことから、なかでも果肉歩合、変形量、硬度、果皮厚および比重の 5 項目においては高い関係性が認められた。この品質の相互関係を具体的に述べる。果汁が蓄積されず砂じょうの形態的異常を伴う粒化症程度の進行は、果実の果肉歩合と比重を低下させると同時に果皮厚の肥大化させる。また、果皮の肥大化は果肉歩合や比重が低下するとともに、変形量低下や硬度上昇といった果実物性に影響を及ぼすと表現でき、これを模式的に図示すると図 5 になる。寒波などの低温障害によって発生した粒化症果には比重が低いとの報告はある (河瀬, 2000) が、果皮厚とその他の品質との関連性についての記述はみられず、このことが当該果の品質上の特徴と言える。

今後、可視・近赤外分光法を用いる非破壊計測 (岩元, 1980) による当該果実の判別精度について検討する。検討にあたっては目的変数の設定に関しバラツキ、再現性および等間隔性の点を考慮すると、化学分析法等を用いた妥当性の高いデータの使用が望ましい (伊藤ら, 2012)。しかし、化学分析データ取得にかかる労力やコストについても重要な要素であり、これらの異なる条件を両立させなければ技術の実用性は乏しくなる。今回の調査で粒化症果の品質上の特徴を事前に知り得たことは非破壊計測の技術開発を行う上で効率的に作業が進められ、今後の展開に有利に働くと考えられる。

表4 ブラッドオレンジ‘タロッコ’^zの果実品質

分類	調査項目	単位	程度0 (n=77)			程度1 (n=25)			程度2 (n=2)			程度3 (n=55)		
			平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数
色調	果皮色調 ^y	a*	33.2	2.8	0.1	<u>29.3</u>	3.0	0.1	33.4	3.2	0.1	<u>31.8</u>	2.1	0.1
	果形指数	-	111.4	5.4	0.0	108.4	5.0	0.0	106.9	12.3	0.1	<u>102.0</u>	5.5	0.1
形状	果梗軸径	mm	3.8	0.6	0.1	<u>4.4</u>	0.5	0.1	4.2	0.4	0.1	3.8	0.4	0.1
	果皮厚	mm	3.5	0.5	0.2	3.3	0.5	0.1	5.5	1.0	0.2	<u>5.5</u>	0.7	0.1
重量	果実重	g	147.9	31.1	0.2	<u>127.0</u>	27.5	0.2	173.9	10.1	0.1	<u>130.0</u>	25.1	0.2
	果肉歩合	%	80.6	1.9	0.0	80.8	2.5	0.0	69.7	3.1	0.0	<u>66.7</u>	3.4	0.1
	比重 ^x	w/v	0.9	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	<u>0.8</u>	0.0	0.0
成分	糖度 ^v	° Brix	12.1	1.0	0.1	<u>14.1</u>	1.2	0.1	13.3	1.4	0.1	<u>14.5</u>	1.0	0.1
	クエン酸 ^v	g/100ml	1.3	0.2	0.2	<u>0.9</u>	0.2	0.2	1.1	0.3	0.3	<u>1.6</u>	0.3	0.2
物性	変形量 ^u	mm	6.3	1.1	0.2	<u>4.8</u>	0.9	0.2	4.0	1.2	0.3	<u>3.0</u>	0.6	0.2
	硬度 ^u	MPa	2.1	0.5	0.2	<u>2.6</u>	0.5	0.2	3.5	0.8	0.2	<u>4.2</u>	0.9	0.2

^z 3/8に収穫した個体群 (n=159)

^y 色彩色差計 M製 CR-300

^x 菜種置換法により求めた果実体積と電子天秤で計測した果実重により算出

^v 屈折糖度計

^v 中和滴定法

^u レオメータ S製 COMPAC-100 II

アンダーラインの数値は粒化症程度0との間に t 検定による 1%水準で有意差あり

(粒化症程度2の果実群に対しては未判定)

粒化症 程度																				
-0.190	果皮 色調																			
-0.615	-0.002	果形 指数																		
0.014	-0.341	0.024	果梗 軸径																	
0.810	0.076	-0.544	-0.119	果皮 厚																
-0.248	0.274	0.191	0.139	-0.005	果実 重															
-0.899	-0.023	0.617	0.083	-0.899	0.190	果肉 歩合														
-0.792	-0.156	0.533	0.157	-0.862	-0.064	0.889	比重													
0.676	-0.558	-0.363	0.295	0.346	-0.476	-0.467	-0.239	糖度												
0.366	0.146	-0.174	-0.506	0.425	-0.182	-0.472	-0.440	0.104	クエン酸											
-0.852	0.188	0.521	-0.240	-0.718	0.127	0.801	0.700	-0.578	-0.185	変形量										
0.830	-0.038	-0.526	0.136	0.763	0.016	-0.843	-0.784	0.459	0.247	-0.921	硬度									

ピアソンの相関係数の検定において
5%水準で有意性あり
(n=159)

図4 ブラッドオレンジ‘タロッコ’における各品質の相関行列

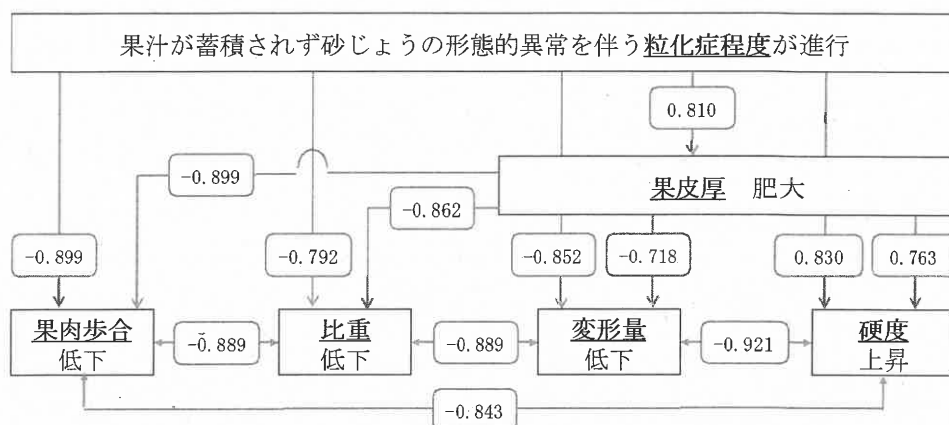


図5 ブラッドオレンジ‘タロッコ’粒化症果にみられる各果実品質の関係模式図

下線太字は本試験の調査項目

図中の数値は相関係数 (r) を示す (n=159)

謝辞

調査に御協力頂きましたブラッドオレンジコンソーシアム、愛媛県南予地方局産業振興課の皆様に対して厚くお礼を申し上げます。

引用文献

愛媛県南予地方局産業振興課. 2011. 温暖化を逆手に～ブラッドオレンジ産地化確立への取り組み～. 近畿中国四国農研. **18**: 54-56.

愛媛県南予地方局産業振興課産地育成室. 2013. 宇和島発地球温暖化対策－全国初のブラッドオレンジ産地化を目指した攻めの普及活動－. 技術と普及. **50(4)**: 26-31.

愛媛県農林水産部農産園芸課. 2019. 平成 29 年産果樹栽培状況等表式調査. **24**.

文室政彦・堀川勇次・櫻井直樹. 2014. ブラッドオレンジとハッサクのす上がり果判別における音響振動法の適用. 園学研. **13(4)**: 365-370.

伊藤史朗・森本進・服部玄・伊藤秀和. 2012. 可視・近赤外分光法を用いるブラッドオレンジ果肉における紫色の着色程度の非破壊

計測の可能性. 照明学会誌. **96**: 747-751.

伊藤史朗・菊池孝. 2015. 現地で発生した中晩柑‘せとか’の寒害果と人工的低温処理果の品質比較. 近畿中国四国農研. **26**: 47-53.

岩元睦夫. 1980. 近赤外分光法による食品成分の非破壊測定. 日食工誌. **27**: 464-472.

河瀬憲次. 2000. 生理障害と栽培技術上の重要病害 (4. ス上がり). 果樹園芸大百科 1 カンキツ. 811-814. 農文協.

菊池泰志. 2013. 全国初のブラッドオレンジ産地化への取り組み. 果実日本. **68 (12)**: 38-42.

越智洋之. 2012. ブラッドオレンジの低温貯蔵によるアントシアニン含有量増加技術. 農林水産技術研究ジャーナル. **35 (12)**: 38.

山口勝市・大和田厚・水谷恒雄. 1977. 話題の柑橘 100 品種. 愛媛県青果農業協同組合連合会. 134-137.

柳井久江. 2013. 4Step エクセル統計【第3版】. (有)オーエムエス出版. 184-185. 東京.