

# 比重を用いた中晩柑類‘愛媛果試第48号’果肉部異常果の 選果精度

伊藤史朗 楠元智子 富田(山本)智恵\* 永井佐采\*\* 安部伸一郎\*\*\*

Sorting accuracy of mid-late citrus 'Ehime Kashi No. 48' with abnormal flesh using specific gravity

ITOU Fumiaki, KUSUMOTO Satoko, TOMITA(YAMAMOTO) Chie, NAGAI Saaya, and  
ABE Shinichirou

## 要 旨

中晩柑類‘愛媛果試第48号’の比重を階級別に調査した。まず、供試果実の果実径を測定し階級別に分類した。次に、果実の重量と体積を測定し、比重を算出した。さらに、果実を切断して果肉部の状態を確認し、正常果と異常果に分類した。その結果、正常果の比重は異常果に比べて明らかに大きかった。また、正常果の比重を階級別に比較すると違いがみられ、大きい階級の比重は小さい階級に比べて小さかった。さらに、正常果の比重の許容値によって選果したところ、程度3に該当する異常果の92%を除去できた。

キーワード：果肉状態，階級，標準偏差

## 1. 緒言

愛媛県では多様な柑橘が栽培されている(愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課, 2021)。栽培期間中に極端な高温や低温と遭遇すると果汁の消失や空洞の出現(小中原, 1963, 1975, 1984; 中川, 1981; 河瀬, 2000; 伊藤, 2015)などの異常が発生する。果肉部に異常がみられる果実は商品価値が著しく低く、誤って市場へ出荷すると消費者からのクレームや産地ブランドの失墜に直結する。そのため、出荷前の選果時において果肉部異常果を除去することが重要となる。しかし、果実外観から果肉部異常の有無を目視で判定することはできない。そのため、近赤外分光法等の非破壊計測機能を有する選果機等を用いて選果作業が進められている(尾崎, 1996, 2004; 土川, 2016)。この作業に関し、関係者は高単価商材の選果精度はレギュラー商材に比べて高い精度を求めており、選果の高精度化に向けた取組みに対する要望が強い。

一方、愛媛県において新品種の開発が行わ

れ、‘愛媛果試第28号’と‘甘平’を交配し中晩生品種‘愛媛果試第48号’が育成され、2019年に種苗登録出願を行い、2022年に種苗登録された(愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課, 2023)。本品種は、果実重が260gと大きく、果皮の厚さが2.3mmと薄く、糖度が14以上とかなり高く、じょうのう膜が軟らかくそのまま食べることができる。また、熟期は3月と遅いことから凍害の心配のない園地であれば露地栽培が可能とされている(愛媛県農林水産研究所果樹研究センターみかん研究所, 2022; 重松ら, 2023)。中川(1981)はす上がり果の果実比重は低いこと、また、富永ら(2014)は比重に着目し選果するとす上がり果の混入が少なかったことを報告している。当該品種が極端な高温や低温にさらされた場合を考慮すると、果実比重を調査しておくことは非常に重要である。

以上のことを鑑み、品質面において消費者が望む特性を多く有する新品種であることから高単価が期待される‘愛媛果試第48号’を対象とし、高温や低温と遭遇した時に果肉部

\* 元 愛媛県農林水産研究所  
\*\*\* 愛媛県農林水産研究所果樹研究センター

\*\* 現 愛媛県南予地方局農業振興課

に異常が発生した果実の選果方法について検討した。具体的には、当該品種の果実特性として未報告である果実比重に着目し、これを階級別に調査した。次に、供試果実を切断し果肉部における異常の有無を目視で確認した。その後、正常果のみで構成される比重のデータから比重の下限値を階級別に算出しこれを閾値とし選果を行ったときの精度について調査した。これらの取組みから幾つかの知見を得たので報告する。

## 2. 材料および方法

### 2.1 中晩柑類‘愛媛果試第48号’の階級別比重調査

中晩柑類‘愛媛果試第48号’の比重を階級別に調査した。愛媛県農林水産研究所果樹研究センターで生産された試験用果実を2023年3月14日に147果、2025年2月25日に120果、2025年3月13日に219果、合計では479果を用いた。

まず、ノギスを用いて果実赤道部の果実径を測定し、表1に従い各階級へ分類した。

表1 階級表

階級	果実径	
2S	55mm以上	61mm未満
S	61mm以上	67mm未満
M	67mm以上	73mm未満
L	73mm以上	80mm未満
2L	80mm以上	88mm未満
3L	88mm以上	95mm未満
4L	95mm以上	102mm未満

次に、供試果実の果実重（g）と体積（cm<sup>3</sup>）を調査した。果実重の調査には電子天秤（エー・アンド・デイ製 HF-4000）を用いた。体積の調査には菜種置換法（今枝ら，2018；伊藤ら，2020，2021）を採用し計測した。なお、菜種重量から体積を算出するにあたっては、別途、関係式（図1）を作成することで対応した。この関係式は容量1000mLのメスシリンダーを用いて作成した。以上の調査から取得した果実重を体積で除して果実比重を算出した。

調査は1果あたり2反復とした。

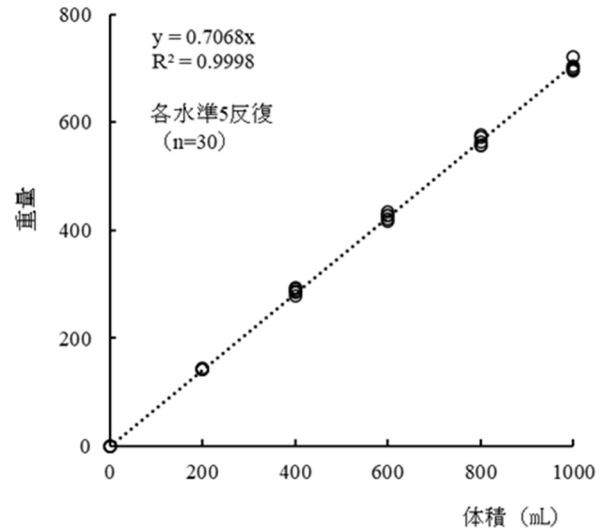


図1 菜種における体積と重量の関係

さらに、供試果実の赤道部を刃物によって切断し、果肉部状態を目視で確認し、異常の有無を判定した。判定にあたっては当該品種に関する技術資料（愛媛のかんきつ21推進協議会，2024）を参考とし、す上がり程度を4段階（無：程度0，軽：1，中：2，甚：3）で評価した。なお、程度0に該当する果実を正常果、程度1～3に該当する果実を異常果とした。

以上の調査から取得した階級、比重および果肉部異常の有無の各データを条件別に集計した。

### 2.2 果実比重の許容値を用いた選果精度

2.1で階級別に設定した比重の許容値を閾値とし選果したときの精度について調査した。供試果実は2.1と同じとしたが、2Sと4Lの階級については調査から除外したため、その合計は466果となった。調査方法は、まず、供試果実の比重と階級を確認し、これと階級別の許容値を比較した後、許容値以上、許容値未満のどちらか2択で判定した。判定結果については、階級とす上がり程度の条件別に果数（果）と供試果数に対する割合（%）を集計した。

許容値の算出および設定に関し、す上がり程度0と判定された正常果の比重データから平均（ $\mu$ ）と標準偏差（ $\sigma$ ）を階級別に算出

表2 す上がり程度ならびに階級別の供試果数

す上がり程度 <sup>2</sup> (0 - 3)	階級							小計
	2S	S	M	L	2L	3L	4L	
0 (正常)	2	12	28	45	43	11	1	142
1 (異常)	6	21	40	79	41	9	1	197
2 (異常)	-	8	12	36	16	5	-	77
3 (異常)	-	4	3	26	20	7	3	63
計	8	45	83	186	120	32	5	479

<sup>2</sup> 技術資料「紅プリンセス（品種：愛媛果試第48号）す上がり果出荷ゼロ緊急対策（愛媛のかんきつ21推進協議会，2024）」を参考としながら判定

し、次式により得られた値を許容値として設定した。なお、次式は、データが正規分布に従うと仮定した場合、平均から±2倍の標準偏差にあたる範囲内に約95.5%のデータが出現する（水島，1952）とされる確率密度関数の特性を応用し作成した。

$$\text{階級別の比重の許容値} = \text{平均}(\mu) - 2 \times \text{標準偏差}(\sigma)$$

### 3. 結果および考察

#### 3.1 中晩柑類‘愛媛果試第48号’の階級別比重調査

す上がり程度と階級別の供試果数の調査結果を表2に示した。まず、す上がり程度に着目する。程度1に該当した果実が197果と最も多く、次いで程度0の142果となり、以降、程度2が77果、程度3が63果の順となった。集計の結果、供試果実の中には正常果が142果、異常果が337果それぞれ含まれていた。次に、階級に着目する。供試果実の中には2Sから4Lまでの7つの階級が存在した。その中でLが186果と最も多く、次いで2Lの120

果、さらにMの83果が続いた。なお、2S及び4Lの階級は果実数が8果、5果と少なかったため以後の検討から除外した。

次に、す上がり程度と階級の条件別の果実比重の平均を表3に示した。最も小さい階級であるSでは程度0の比重が1.07であったのに対して程度3では0.87と有意に小さかった。同様に、最も大きい階級である3Lにおいても程度0の1.01に対して程度3の比重は0.66と有意に小さかった。その他の階級でもす上がり程度が大きくなるにつれて果実比重が小さくなることを確認した。このように果肉部異常果の比重は正常果に比べると明らかに小さいことから比重に着目し選果することの妥当性が示された。なお、この果実特性は他の中晩柑類においても報告（松本ら，1983；富永ら，2014；伊藤ら，2017，2020）があり、当該品種固有のものではない。ただし、比重を品種別にみるとその水準には明らかな違いがみられる（文室ら，2014）。そのため、比重を用いて選果を行う場合は対象となる品種の比重を事前に確認しておくことは重要である。

表3 す上がり程度および階級別の中晩柑類‘愛媛果試第48号’の比重

す上がり程度 <sup>2</sup> (0 - 3)	階級				
	S	M	L	2L	3L
0 (正常)	1.07 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>
1 (異常)	1.05 <sup>ab</sup>	1.01 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.98 <sup>a</sup>
2 (異常)	1.02 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.94 <sup>b</sup>	0.92 <sup>c</sup>	0.83 <sup>b</sup>
3 (異常)	0.87 <sup>c</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.80 <sup>c</sup>	0.73 <sup>d</sup>	0.66 <sup>c</sup>

<sup>2</sup> 技術資料「紅プリンセス（品種名：愛媛果試第48号）す上がり果出荷ゼロ緊急対策」を参考としながら判定

表中のアルファベット小文字は同一階級・異程度間における Tukey-Kramer による多重比較結果

異符号間に5%水準で有意差あり

表4 中晩柑類‘愛媛果試第48号’における果実比重の許容値<sup>z</sup>を用いた選果精度

階級	す上 がり 程度 (0 - 3)	許容値 <sup>z</sup>	供試 果数 A (果)	許容値以上		許容値未満	
				果数 B (果)	割合 B/A (%)	果数 C (果)	割合 C/A (%)
S	0	1.01	12	12	100	0	0
	1		21	20	95	1	5
	2		8	6	75	2	25
	3		4	0	0	4	100
M	0	1.02	28	28	100	0	0
	1		40	13	33	27	68
	2		12	1	8	11	92
	3		3	0	0	3	100
L	0	0.99	45	43	96	2	4
	1		79	40	51	39	49
	2		36	14	39	22	61
	3		26	3	12	23	88
2L	0	0.98	43	42	98	1	2
	1		41	22	54	19	46
	2		16	8	50	8	50
	3		20	2	10	18	90
3L	0	0.97	11	11	100	0	0
	1		9	8	89	1	11
	2		5	1	20	4	80
	3		7	0	0	7	100
小計	0		139	136	98	3	2
S	1		190	103	54	87	46
く	2		77	30	39	47	61
3L	3		60	5	8	55	92
計			466	274	-	192	-

<sup>z</sup> 許容値 = 階級別の平均値 - 2 × 標準偏差

### 3.2 果実比重の許容値を用いた選果精度

果実比重の許容値を閾値とし選果したときの結果を表4に示した。まず、す上がり程度0の果実に着目する。階級によって供試した果数が11～45果と異なるが、合計では139果を供試したところ、許容値以上となった果実つまり正常果と判定した果実は136果、許容値未満つまり異常果と判定した果実は3果となった。それぞれの階級の許容値を閾値とした場合、す上がり程度0の果実では正常果と判定した正判定が98%、誤判定が2%となった。続いて、程度3の果実に着目する。階級によって3～26果と供試果数が異なるが、合計では60果を供試したところ、許容値以上で

あった5果を正常果、許容値未満であった55果を異常果とした。しかし、正常果とした5果はす上がり程度3であり、異常果とすべきものであるため誤判定であり、正判定が92%、誤判定が8%であった。同様に、程度1と2の選果精度についても確認した結果、許容値未満であった果実を異常果とする正判定はそれぞれ46%、61%であった。なお、程度1や2の果実の選果にあたっては加工向けの用途として部分的に出荷できる可能性もある。そのため、どの程度まで出荷とするか、閾値の設定に関し関係者で詳細な議論をしておくことが望ましい。加えて、ブラッドオレンジ‘タロッコ’の調査事例では比重と果皮厚の

間には高い負の相関がみられている(伊藤ら, 2020). 果実の果皮厚を何らかの方法で非破壊計測し比重データとともにす上がり基準を判定できれば誤判定の割合が低下する可能性がある.

今回の調査では新品種である‘愛媛果試第48号’を対象とし, 当該品種においてこれまで未調査であった果実比重の平均値を階級別に明らかにするとともに, 比重を用いて選果する方法の提案とその精度を示した. その選果精度から, ある一定の有効性を示すことができたため, 利用価値があると推察される. また, 本法の特徴を考慮した場合, 高価な機器を必要としていないことから初期導入費を抑えられる点が挙げられ, この点については近赤外分光法を用いる選果機利用法と明らかに異なる. ただし, 果実体積の測定には手間と時間を要することから改良が必要と考えており, 今後, 果実比重の簡易測定法について検討して参りたい.

#### 謝辞

調査の実施にあたりご協力を頂きましたえひめ中央農業協同組合の関係者の皆様に対しまして厚く御礼を申し上げます.

#### 引用文献

- 愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課 (2021): 愛媛の果樹, 28 - 29.
- 愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課 (2023): かんきつ新品種「紅プリンセス」  
<https://www.pref.ehime.jp/uploaded/attachment/166703.pdf>
- 愛媛のかんきつ21推進協議会 (2024): 紅プリンセス (品種名 愛媛果試第48号) す上がり果出荷ゼロ緊急対策, 1 - 2.
- 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.
- 今枝奈保美, 道満恵介, 目加田慶人 (2018): 食事アセスメントのための食品容量と重量との換算係数 (容量密度) に関する研究, 東海公衆衛生雑誌, **6** (1), 60 - 69, [https://doi.org/10.24802/tpha.6.1\\_60](https://doi.org/10.24802/tpha.6.1_60)
- 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, 近中四農研報, **26**, 47 - 53.
- 伊藤史朗, 菊池孝 (2017): 可視・近赤外分光法を用いる中晩柑‘せとか’凍害果の比重計測の可能性, 愛媛農林水研報, **9**, 45 - 51.
- 伊藤史朗, 大内優一郎, 越智洋之 (2020): 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, 愛媛農林水研報, **12**, 9 - 14.
- 伊藤史朗, 中矢龍太郎, 藤井栄一, 吉田宏 (2022): 可視・近赤外分光法を用いた中晩柑類‘清見’の果実比重の非破壊計測による寒害果選別の可能性, 愛媛農林水研報, **14**, 1 - 8.
- 小中原実 (1963): カンキツの寒害とその防止対策, 115 - 153, 205 - 228. 養賢堂, 東京.
- 小中原実 (1975): カンキツの寒害発生機構と防除法に関する一連の研究と普及, 農業気象, **31** (3), 157 - 161.
- 小中原実 (1984): カンキツの寒害とその防止対策, 農業気象, **39** (4), 315 - 322.
- 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, 東京.
- 松本亮司, 奥代直己, 間苧谷徹 (1983): ナツミカンの凍害果実中のナリンジン含量の経時変化について, 園学雑, **52** (1), 1 - 6.
- 水島宇三郎 (1952): 農学実験の統計分析入門, 41 - 45, (株) 養賢堂, 東京.
- 中川行夫 (1981): 果樹の凍害, 農業気象, **36** (4), 279 - 286.
- 尾崎幸洋, 河田聡 (1996): 近赤外分光法, 1 - 224, 学会出版センター, 東京.
- 尾崎幸洋, 池羽田晶文 (2004): 近赤外分光 I, 概論, 分光研究, **53** (1), 43 - 53.
- 重松幸典, 奥貞丈博, 岡本充智, 加美豊, 山本紗綺, 菊地毅洋, 三堂博昭, 崎本孝江, 政本泰幸, 二宮泰造, 兵頭洋仁, 中田治人, 薬師寺弘倫 (2023): カンキツ新品種‘愛媛果試第48号’について, 愛媛農水研果研セ研報, **7**, 1 - 7, <https://www.pref.ehime.jp/uploaded/attachment/2258.pdf>

土川 覚 (2016) : 異分野との接点が生み出す新  
学問－近赤外分光計測を例として, 学術の  
動向, **21** (2), 66 - 71.

富永由紀子, 西幸子, 山田敦義 (2014) : 晩生  
カンキツ「南津海」の寒害果除去を目的と

した指標の選定, 長崎県農林技術開発セン  
ター試験研究成果情報, <https://www.pref.nagasaki.jp/e-nourin/nougi/theme/result/H26seika-jouhou/shidou/S-26-03.pdf>

#### Abstract

This study investigated the specific gravity of citrus fruits 'Ehime Kashi No. 48' according to size class. Fruit diameter was measured and the fruits were classified into size classes. Fruits weight and volume were then determined, and the specific gravity was calculated. Furthermore, the fruits were cut open to check the condition of the pulp, and classified into normal and abnormal fruits. As a result, the specific gravity of normal fruits was clearly higher than that of abnormal fruits. Also, when comparing the specific gravity of normal fruits by size class, differences were observed, with larger size classes having a lower specific gravity than smaller size classes. Furthermore, by setting an acceptable value based on the specific gravity of normal fruits and using this as a tolerance for sorting, 92% of fruits corresponding to abnormality level 3 were successfully removed.

Keywords : Pulp Condition, Fruit Class, Standard Deviation