

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

伊藤史朗 中矢龍太郎 藤井栄一 吉田宏

Selection cold-damaged fruits by Non-destructive measurement of fruits specific gravity of
mid-late ripening citrus ‘Kiyomi’ using visible / near-infrared spectroscopy

ITOU Fumiaki, NAKAYA Ryotaro, FUJII Eiichi and YOSHIDA Hiroshi

要 旨

中晩柑類はウンシュウミカンに比べて熟期が遅いため、成熟期に寒波と遭遇する蓋然性が高い。出荷果実への被害果（寒害果）混入を防ぐため、品種‘清見’を対象に可視・近赤外分光法を用いる非破壊計測により果実比重を推定した。収穫果実の平均比重は、正常果群は1.05、寒害果群では0.91となり、両果実群間に統計的な有意差がみられた。次に、拡散反射方式の可視・近赤外分光光度計を用いて果実の可視・近赤外スペクトルを取得し、取得データを多変量解析して果実比重を目的変数とする検量線を作成した。検量線評価用果実群（n=47）に対する予測精度は、相関係数（r）が0.872、予測標準誤差（SEP）が0.047、残差平均（Bias）が0.000となった。以上の結果から、可視・近赤外分光法を用いる非破壊計測により‘清見’の果実比重の測定が可能と考えられた。

キーワード：‘清見’，寒害，比重，近赤外分光法，選別基準

Abstract

Mid-late citrus fruits which have a characteristic of later maturity than Satsuma mandarin, are high probability to encounter the cold weather during a severe cold season. For preventing contamination of cold-damaged fruits, the non-destructive measurement accuracy of the fruits specific gravity using visible / near infrared spectroscopy was estimated for the variety ‘Kiyomi’. After harvesting, for group of normal fruits was 1.05 and group of cold-damaged fruits was 0.91, which were shown a statistically significant difference between these groups. Secondly, the visible / near-infrared spectra of the fruits were acquired using a diffuse reflection type visible / near-infrared spectrophotometer. Multivariate analysis of the acquired data was performed to create a calibration curve with the fruits specific gravity as the objective variable. The prediction accuracy for the fruit groups, the calibration curve evaluation (n=47) was expressed by a correlation coefficient (r) of 0.872, a standard error prediction (SEP) of 0.047, and a residual mean (Bias) of 0.000. When the selection criterion of specific gravity to 1.02, 23 of the cold-damaged fruits (n=24) were able to judge correctly. Therefore, the correct answer rate was 96%. From these results, we suggested that the specific gravity of ‘Kiyomi’ was applicable to the shipping method, which could be excluded cold-damaged fruits by non-destructive measurement using a visible / near infrared spectroscopy.

Key Words : ‘Kiyomi’, Cold damage, Specific gravity, Near infrared spectroscopy, Fruit selection criteria

1. 緒言

愛媛県では温暖少雨な気候条件を利用し、多様な柑橘が栽培されているが、減酸や増糖による高品質化を目的に樹上で越冬させる品種が多く存在する(愛媛県農産園芸課, 2021)。このとき寒波と遭遇すると様々な被害が発生する。樹体に関しては落葉や枝枯れ(小中原, 1975; 中川, 1981; 別府, 1985), 果実に関しては果肉部の果汁が消失したス上がり症状の発現(小中原, 1963; 小中原, 1984; 中川, 1981; 河瀬, 2000)や特定の品種では苦味の増加(松本ら, 1983)等が挙げられる。果肉部にス上がり症状を呈した果実は商品価値が低いことから選果時に除かれるべきであるが、外観からは判定できず(図1)、誤って流通すると消費者からのクレーム発生や産地ブランドの失墜に繋がる。そのため、産地では寒波遭遇時の対策として被害の予想される園地から複数の果実を抜き取り、果実断面の観察、特に果肉部の異常の有無を目視で確認する抽出調査を実施し、その結果をもとに園地内の果実出荷の可否を判断している。本調査は過去必要に応じて実施されてきたが、果実の破壊を伴う調査法であるため、出荷果実全てを評価することはできない等の課題がある(伊藤ら, 2015)。

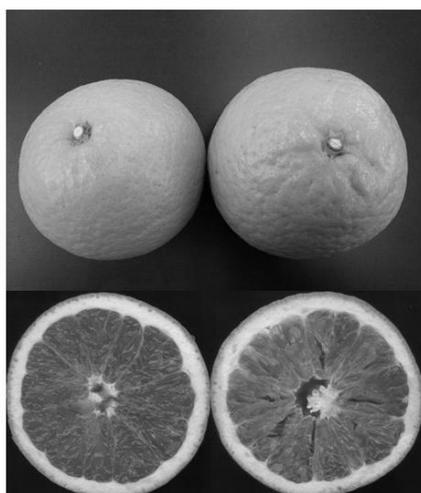


図1 供試した中晩柑類‘清見’の例
左：正常果 右：寒害果【61ページ】

一方、非破壊計測法の中に可視・近赤外分光法がある。これは可視域と近赤外域の光を用いた吸収分光法であり、O-HやC-Hのような水素末端の官能基の倍音や結合音を確認できる。また、前処理が簡単であり迅速分析が可能等

の特徴を持つ。その利用価値は小麦のタンパク含量を推定する取組み(Ben-Gera and Norris, 1968)によって見いだされ(土川, 2016)、現在はその計測対象が農産物に止まらず多岐に亘っている(池羽田, 2019; 尾崎ら, 1996, 2004)。既報の中にはウンシュウミカンの事例も存在するが、そのデータをみると水分由来のピークが観測されている(Miyamoto and Kitano, 1995; 宮本, 2003)ことから、果実の水分を推定可能と考える(河野, 1997)。これら知見は柑橘の正常果に比べると寒波と遭遇したことで果肉部の果汁が消失し水分が少なくなった果実をこの非破壊計測法によって確認できる可能性を示している。ただし、柑橘には多数の品種が存在し、さらに果汁量と関連する水分率(文部科学省, 2020)、果皮厚等の形状(伊藤ら, 2020)、果実比重(松本, 2006)等の特性がそれぞれ異なる。これら特性の違いは取得される非破壊計測値にも影響し、結果的に計測精度が変動する。そこで、非破壊計測試験の実施にあたっては、まず、対象とする品種を特定し、この品種から取得した非破壊計測値を用いて検量線の作成や評価等を条件別に検討することが重要と考える。

以上のことを踏まえ、柑橘産地における寒害の発生規模は広範囲になることを考慮し、その被害軽減に資するための取組みを展開した。品種に関しては、収穫期が3月(井上, 2015)と遅いことからウンシュウミカンに比べて寒波と遭遇する蓋然性が高く(文室ら, 2014)、また、産地からの検討要望も強い‘清見’(宮川早生×トロビタオレンジ; 長谷川, 2013)を対象とした。果実比重を用いス上がり果の判別を行えることが示唆されていることから(中川ら, 1976)、果実比重が異なる果実を供試し、可視・近赤外分光法による比重計測の可能性について検討したので報告する。

2. 材料および方法

2.1 中晩柑類‘清見’の果実比重調査

非破壊計測試験に用いる果実の比重を明らかとするため調査を2021年3月2日に実施した。供試果実は、愛媛県西宇和地域から現地の

関係者による抽出調査(前述)を実施した結果、果肉部に異常が見当たらなかったことから正常果と判定された園地から収穫した果実群(以降、正常果群とする)から46個、また、果肉部に異常が確認され寒害果と判断された園地から収穫した果実群(以降、寒害果群とする)から137個をそれぞれ入手した。なお、これら供試果実は気象庁データ(観測地点は瀬戸)によると、1月7~9日と2月17~19日において2回の寒波と遭遇していた(図2)。

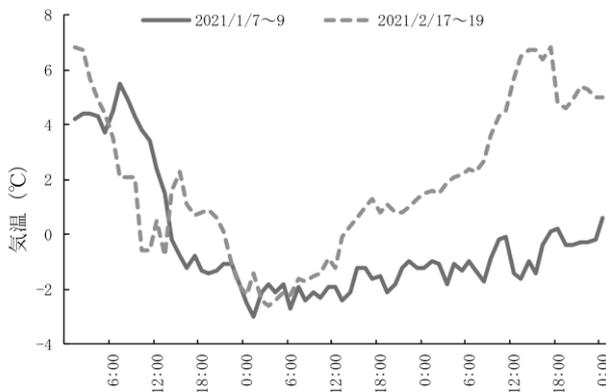


図2 愛媛県西宇和地域(瀬戸)における気温の推移
*気象庁データ

次に、供試果実の比重(d)は重量(g)と体積(cm^3)から算出した。体積の調査は菜種置換法(Stumbo and Weiss, 2011; 今枝ら, 2018; 伊藤ら, 2020)を参考に2回ずつ計測し、菜種の体積と重量の関係式(図3: 6水準, 5反復, 計30回の調査結果)から求めた。

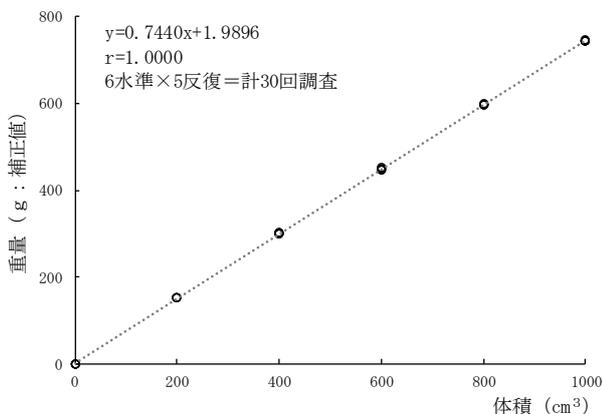


図3 菜種の体積と重量の関係

2.2 可視・近赤外分光法を用いる中晩柑類‘清見’の果実比重の非破壊計測試験

非破壊計測試験は2021年3月4日に実施し、

供試果実は比重を調査した果実のうち正常果群から46個、また、寒害果群から48個の計94個を用いた。検量線の作成及び評価にあたっては、外部バリデーション方式を採用し、正常果群(23個)及び寒害果群(24個)を検量線作成用($n=47$)と評価用($n=47$)の2群にそれぞれ分割して供試した。

吸光度の取得にあたっては可視・近赤外分光光度計(クボタ製K-BA100)を用いた。本機はハロゲン光源(20W)を装備し、果実に対し直径38mmの円状に可視・近赤外光が照射され、拡散反射光をその中心にある直径5mmの部分で受光する。計測領域は500~1010nm、波長間隔は2nm、1回の計測で256波長に対応した吸光度が得られる。なお、果実の測定部位は対極する赤道部2か所とし、得られた吸光度は平均処理した。

得られた吸光度を平滑化処理するにあたりデータ欠落が生じた領域については、最適な説明変数を選択する際にこの領域を検討の対象外にすることとした。検量線は既報(河野, 1990; 尾崎ら, 2004)にならい重回帰式により求めた。目的変数を比重(d)とし、説明変数は変数増減法により選択された最適波長を採用した。作成した検量線の計測精度を確認するため、相関係数(r)、残差標準誤差(SEC, SEP)及び残差平均(Bias)を求めた。なお、吸光度の取得にあたっては本機に付属されたサポートソフト(K-Support)を使用した。

非破壊計測試験の実施後は供試果実の正常果と寒害果の混入割合を明らかとするため、3月5日に果実赤道部を切断し果肉部の異常の有無を調査した。その結果、果肉部にス上がり等の異常症状がみられなかった果実を正常果、異常がみられた果実を寒害果とし、取得したデータの整理を行った。

3. 結果

3.1 中晩柑類‘清見’の果実比重調査

供試果実の比重の調査結果を図4に示す。果実比重の平均値は正常果群が1.05、寒害果群が0.91であり、正常果群が1%水準で有意に大きかった。次に、果実比重のばらつきを示す標準偏差をみると、正常果群は0.04、寒害果群は

0.05であり，等分散性をF検定で確認したところ両果実間に有意差はみられなかった。

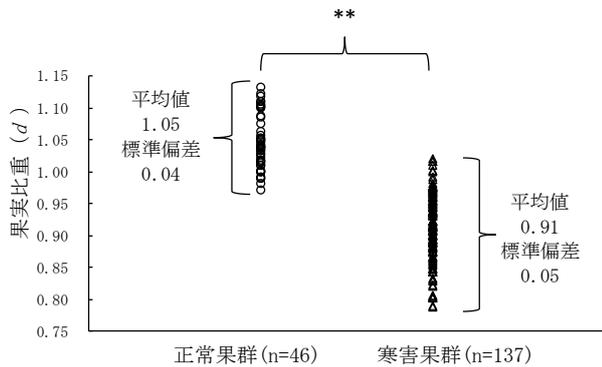


図4 供試した中晩柑類‘清見’の果実比重
 図中の**はt検定結果 1%水準で有意差あり

3.2 可視・近赤外分光法を用いる中晩柑類‘清見’の果実比重の非破壊計測試験

検量線作成用果実から取得された吸光度スペクトルを図5に示した。500～600nmの領域には色調由来，800～1010nmの領域には水分由来のピーク，また，650～850nmには分光器の感度が高いことで減光しながらリファレンスを測定したことによる影響で負の吸光度（伊藤，2012）がそれぞれ観測された。

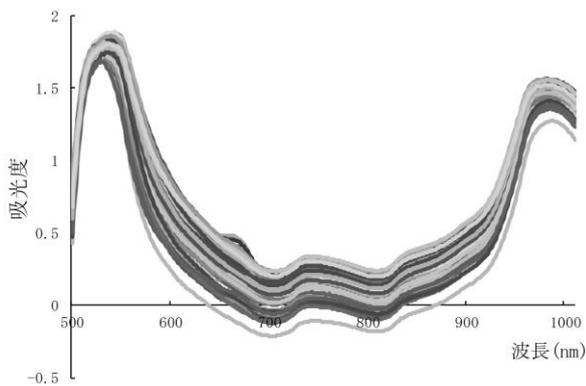


図5 中晩柑類‘清見’の吸光度スペクトル
 検量線作成用果実群 (n=47)

取得した吸光度スペクトルに対し，25ptサイズのSavitzky - Golay 法による平滑化と2次微分の各処理を実施し，微分スペクトル（岩元，1980；北村ら，1985）を得た（図6）。このとき平滑化処理に伴い500～522nmと988～1010nmの領域にデータ欠落が生じたため，以降，検討の対象外とした。続いてデータ欠落した領域を除く232 波長から変数増減法によって選択された最適説明変数とする波長は898nm，

752nm及び952nmの3つであった。波長選択基準に用いたp値をみると，3波長の中で最も小さかった波長は898nmであったことから，この波長が果実比重を推定するのに最も有効であった（表1）。p値の順にこれら3波長を説明変数として加えて以下の検量線（重回帰式）を作成した。

$$\begin{aligned} \text{果実比重} (d) &= 0.817 - 2642.576 \times d^2 A_{898\text{nm}} \\ &\quad - 2613.847 \times d^2 A_{752\text{nm}} + 214.258 \times d^2 A_{952\text{nm}} \end{aligned}$$

($d^2 A_{\text{nm}}$ ：各波長における2次微分値を示す)

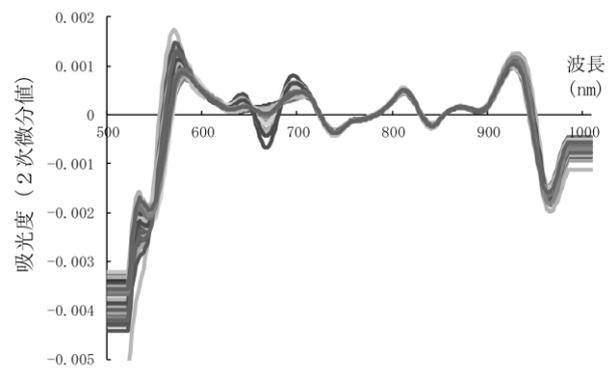


図6 中晩柑類‘清見’の2次微分スペクトル
 検量線作成用果実群 (n=47)

表1 各非破壊計測データから変数増減法で選択された波長

データの種類	選択波長 (nm)	係数	p値
吸光度 ^z	λ_1 978	-0.841	2.1E-06
	λ_2 -	-	-
	参考) 切片	2.202	1.2E-12
2次微分値 ^y	λ_1 898	-2642.576	5.9E-09
	λ_2 752	-2613.847	2.5E-07
	λ_3 952	214.258	5.4E-05
	λ_4 -	-	-
参考) 切片	0.817	5.4E-10	

^z 対象領域500～1010nm (256波長)

^y 対象領域524～986nm (232波長)

続いて作成した検量線の精度について検討した。このとき，平滑化と微分によるデータの前処理効果を確認するため，吸光度と2次微分値を対比させつつ記載した（表2）。その結果，検量線評価用果実群 (n=47) に対し，吸光度の検量線の相関係数 (r)，予測標準誤差 (SEP)

及び残差平均 (Bias) は-0.020, 0.108及び0.022であったのに対し, 2次微分値では0.872, 0.047及び0.000であり, いずれも予測精度の観点から大幅な向上がみられた。

供試果実の赤道部を切断し果肉部の異常の有無を調査した結果を表3に示す。まず, 検量線作成用果実群に着目すると, 供試した果実数47個のうち正常果と判定された果実数は正常果群においては23個, 寒害果群においては5個の合計28個であった。同様に検量線評価用果実群に着目すると, 正常果群においては23

個, 寒害果群においては7個の合計30個であった。検量線作成用と評価用のどちらの果実群においても正常果が過半数を占める割合であった。果肉部の異常の有無のデータをもとに果実比重データを再整理しながら検量線評価用果実群 (n=47) における実測値と予測値の相関を図7に示した。実測値と予測値の相関係数 (r) は0.872であり良好であった。一方, 正常果の果実比重の最小値は0.93, 寒害果の果実比重の最大値は1.03となり, この間では正常果と寒害果が混在した。

表2 作成した検量線の計測精度

データの 種類	選択波長 (nm)	検量線作成用果実 ^z		検量線評価用果実 ^z		
		相関係数 r	残差 標準誤差 SEC	相関係数 r	残差 標準誤差 SEP	残差平均 Bias
吸光度 ^y	978 - -	0.630	0.063	-0.020	0.108	-0.022
2次微分値 ^x	898 752 952	0.927	0.004	0.872	0.047	0.000

^z n=47

^y 対象領域: 500~1010nm (256波長)

^x 対象領域: 524~986nm (232波長)

表3 供試した中晩柑類‘清見’の果肉部の異常の有無と果実比重

群名	調査項目	正常果群 (n=46)		寒害果群 (n=48)	
		異常無し (正常果)	異常有り (寒害果)	異常無し (正常果)	異常有り (寒害果)
検量線 作成用 果実群 (n=47)	果実数 (うち選別基準 ^y 超の果実数)	23 (13)	0 (0)	5 (0)	19 (0)
	果実比重 ^x	1.04 ^a	-	0.96 ^b	0.89 ^b
検量線 評価用 果実群 (n=47)	果実数 (うち選別基準 ^y 超の果実数)	23 (15)	0 (0)	7 (0)	17 (0)
	果実比重 ^x	1.05 ^a	-	0.96 ^b	0.88 ^b

^z 3月5日調査 ^y 果実比重1.03とした ^x 平均値

果実比重におけるアルファベットはTukey-Kramerによる統計処理結果
異符号間に1%水準で有意差あり

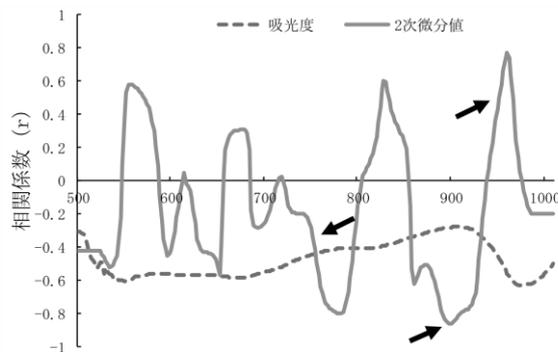


図7 中晩柑類‘清見’の果実比重と各非破壊計測値の相関スペクトル

図中の矢印は検量線に選択した波長

次に2.2で取得した吸光度スペクトル（図5）をみると、ウンシュウミカンの事例（宮本ら，2003）と同様に‘清見’においても水分由来のピークを観測できた。しかし、このデータには光源及び検出器の不安定さ、迷光や温度に起因するノイズが含まれ、そのことが計測精度を低下させる可能性が考えられた（岩本，1980）。そこで、ノイズ低減、バックグラウンドの影響消去及びピークの顕在化（北村，2007）による計測精度の向上を期待し、平滑化と微分処理後に最適説明変数を検討した。その結果、選択された波長は3つとなり、なかでも2次微分値から選択された波長898nmは、単波長でありながら相関係数-0.859を示し、今回、検討した波長の中で最も相関が高かった。加えて、この波長は水分由来のピークの立ち上がり部分に該当する領域であったことから（図5.6）、比重の算出にあたっては、果実中の水分をモニターしながら推定していると考えられた。なお、2次微分値3波長で構成される検量線は、吸光度を対象に変数増減法で作成された検量線と比べると予測精度が明らかに高かったことから、平滑化と微分処理による予測精度の向上を改めて確認できた（表2）。

さらに作成した検量線の予測精度について、果肉部の異常の有無を調査後に正常果と寒害果に区分したデータにより再検討した。前述のとおり‘清見’の果実比重の予測精度を示す相関係数は0.872であり良好と推察された。選別基準については予測果実比重1.03と0.93の果実に着目しながら検討した（図8）。果実比重が1.03を超える場合は果肉部の異常はみられない正常果、0.93を下回る場合は果肉部に異常がみられる寒害果、0.93～1.03の間は、正常果と寒害果が混在し果肉部の異常の判定は困難と考えられた。産地ブランドを重視するうえで1.03を選果基準とし、これ以下を出荷不可とした場合、検量線評価用果実群では出荷可能な果実は15個、出荷不可は正常果群の8個と寒害果群のすべての果実24個の計32個となる。

供試果実を果肉部の異常の有無を確認後に個数と果実比重を再集計したところ（表3）、検量線評価用果実群の正常果群23個のうち15個が正常果と判別でき、これら果実は出荷可能と判定できる。しかし、正常果群の残り8個、

寒害果群の正常果7個と寒害果17個の合計32個は果実比重が有意に低いことから果肉部に異常が発生している、もしくは、果実比重のみでは正常果と判定できないことから、産地ブランドを重要視するのであれば寒害果として市場流通させないことが必要と考えられた。

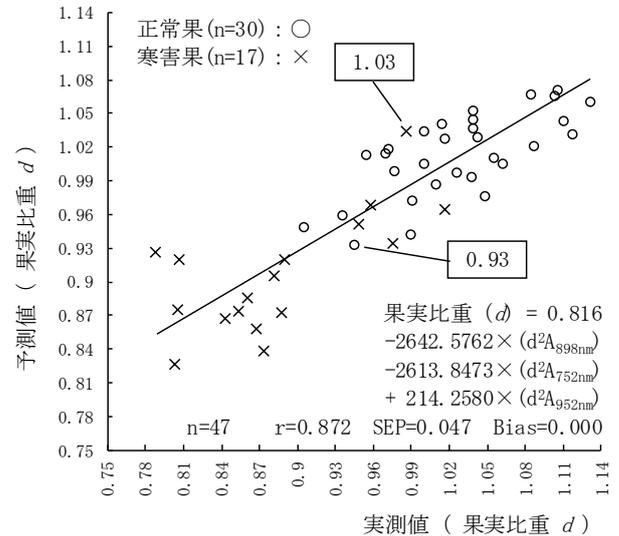


図8 中晩柑類‘清見’における可視・近赤外分光法による果実比重の実測値と予測値

以上から、寒波遭遇時の経済的な被害軽減策の一つとして、果実比重に着目し、これを可視・近赤外分光光度計を用いて推定することで寒害果を除外し、正常果のみ出荷できる可能性があると考えられた。

この取組みは非破壊計測法を採用していることから、産地の全果実を対象とした出荷前検査の強化あるいは寒波遭遇時の抽出調査に関する業務の省力化にも繋がる可能性がある。ただし、果実比重は果実の大きさによって影響を受ける（井上，1980）ため、実用化に向けてはできる限り階級の異なる果実を供試し、階級別に検量線の精度を確認しながら選別基準を設定する必要がある。

最後に、果樹農業の振興を図る基本方針（農林水産省，2020）には、気温と品種特性の観点から栽培適地に関する記述があり、なかでも‘清見’に関しては気温が-3℃以下にならないこととされている。このことから園地における過去の気象データを再度確認し、この温度を下回る可能性について議論した上で産地別に寒害対策を講じることが重要と考える。

謝辞

調査実施にあたりご協力を頂きました株式会社NPシステム開発の黒川大輔氏、愛媛県南予地方局農林水産振興部地域農業育成室の兵頭洋仁氏、愛媛県南予地方局八幡浜支局地域農業育成室の荒井栄二氏、崎山進二氏に対しまして厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 別府英治 (1985) : 農業および園芸, **60** (6), 785-791.
- 愛媛県農産園芸課 (2021) : 愛媛の果樹, 28-29.
- 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.
- 長谷川美典 (2013) : 我が国におけるカンキツの品種育成, 日食科工, **60** (10), 609-613.
- Ben-Gera, I. and Norris, K. H. (1968) : Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products, *J Food. Sci.*, **33** (1), 64-67.
- 池羽田晶文 (2019) : 食品表示のための非破壊計測, *Food & Food Ingredients J. Jpn.*, **224** (1), 46-53.
- 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.
- 井上 宏 (1980) : 温州ミカンの果実の肥大と果実比重, 香川大学農学部学術報告, **31** (2), 105-111.
- 井上久雄, 大嶋悟士, 熱田博之, 三好孝典, 菊地毅洋, 越智洋之, 羽山裕子 (2015) : 大型選果機を用いたカワラヨモギ抽出物含有製剤処理が‘清見’の果皮障害および腐敗に及ぼす影響, 園学研, **14** (1), 51-59.
- 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** (11), 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, 愛媛農水研報, **12**, 9-14.
- 伊藤史朗, 大内優一郎, 越智洋之 (2020) : 可視・近赤外分光法を用いるブラッドオレンジ‘タロッコ’粒化症果における果皮厚および果肉歩合の非破壊計測, 愛媛農水研報, **12**, 15-21.
- 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** (9), 464-472.
- 河野澄夫 (1990) : 近赤外分光分析法による非破壊品質評価, 化学と生物, **28** (6), 380-386.
- 河野澄夫 (1997) : 食品を見る; 成分, 味・・・・, 計測と制御, **36** (5), 337-339.
- 北村桂介, 森田栄次, 穂積啓一郎 (1985) : パーソナルコンピュータを用いたSavitzky-Golay法による紫外・可視吸光スペクトルの二次微分スペクトル, 薬学雑, **105** (2), 161-165.
- 北村桂介 (2007) : 紫外・可視微分分光法及び核磁気共鳴法による分光分析的薬学研究, 薬学雑, **127** (10), 1621-1642.
- 小中原実 (1963) : カンキツの寒害とその防止対策, 115-153, 養賢堂, 205-228.
- 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) : 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. 農文協, 811-814.
- 松本和紀, 矢羽田二郎, 大倉英憲, 牛島孝策, 井樋昭宏 (2006) : 福岡農林総試成果情報(果樹).
- 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.
- 宮本久美 (2003) : ウンシュウミカン選果工程における近赤外分光法による内部品質管理に関する研究, 和歌山農水総技セ特別研報, **5**, 1-94.

- Miyamoto, K. and Kitano, Y. (1995) : Non-destructive determination of sugar content in Satsuma mandarin fruit by near infrared transmittance spectroscopy, *J. Near Infrared Spectrosc.*, **3**, 227-237.
- 文部科学省 (2020) : 日本食品標準成分表2020版 (八訂), **2** (7), 果実類.
- 中川行夫, 本条 均, 小中原 実 (1976) : 晩生カンキツ果実の凍結によるす上がりの発生限界温度, *農業気象*, **31**, 195-198.
- 中川行夫 (1981) : 果樹の凍害, *農業気象*, **36** (4), 279-286.
- 農林水産省 (2017) : 平成29年特産果樹生産動態等調査 1) かんきつ類の果樹.
- 農林水産省 (2020) : 果樹農業の振興を図るための基本方針 (果樹農業振興基本方針), 12-13, 22-23.
- 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 1) 概論, *分光研究*, **53** (1), 43-53.
- Stumbo, P. J. and Weiss, R. (2011) : Using database values to determine food density, *Journal of Food Composition and Analysis*, **24**, 1174-1176.
- 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.