

試 験 研 究
— 2018年度 —

1. 研究成果

モモ‘紅清水’における赤肉果の音響振動法による 非破壊判別技術の検討

福田文夫・近藤毅典（岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センター）

藤井雄一郎（岡山県農林水産総合センター農業研究所）

河井 崇・平野 健・森永邦久（岡山大学大学院環境生命科学研究科）

緒 言

モモの果肉障害の1つである「赤肉症」は、成熟時に果肉が桃赤色を呈するとともに、その程度が進むと、果肉に多汁さがなく、軟化させた際に粉質となることから、商品性の低下につながる重要に障害である¹⁾。これまでに、その特徴の解析が進められてきた。藤井ら²⁾は、成熟時期の気温が関係するメカニズムが明らかになり、果実の高温遭遇を抑制する対策技術の開発を行って、「赤肉症」の発生が低く抑えられるようになってきた。一方で、「赤肉症」は、樹内で一度高い発生率を示すと、その樹体では次年以降も発症が継続することが知られている³⁾。それ故、「赤肉症」果が集荷時に一定量混入して市場流通してしまう可能性があり、それを防ぐ非破壊選果技術が必要となっている。

古くから、果実の熟度や状態と関連する固有の振動があることがリンゴで見いだされていて⁴⁾、Cookeら⁵⁾は果実の硬さを推定する弾性指標の数式を考案した。近年、微弱な振動を与えて共鳴する果実固有の周波数弾性指標の算出に利用でき、その硬さを反映することから非破壊で果実の硬度を推定する音響振動法が示された^{6,7)}。さらに、音響振動法と音響振動測定装置を用い、ニホンナシで果芯に発生した腐敗の範囲を非破壊で推定できることが明らかになった⁸⁾。これは、腐敗によって果芯部が軟化することで、共鳴周波数が低下するとみなされ、内部障害の発生判別に音響振動法が利用できることが示唆された。モモでは、ニホンナシと同様に、収穫果を用いて、音響振動法によって共鳴周波数を調査することができ、その比が核割れ果で正常果よりも高くなることから、果実内部に発生する障害の「核

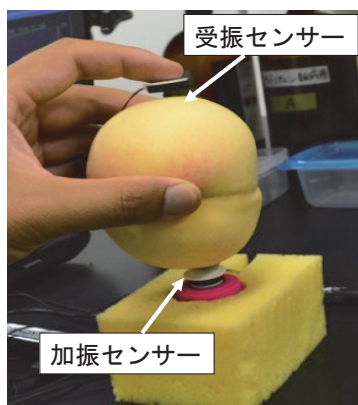
割れ」が検出できることを明らかとなった⁹⁾。この手法を用いて、モモ果実の種々の内部障害を判別できる可能性が示され、果肉障害の判別にも活用できる可能性がある。特に、「赤肉症」果は果肉細胞壁ペクチンが少なく、成熟時に果肉が粉質化して、障害部位の果肉が正常果よりも軟化することから¹⁰⁾、この軟化によって「赤肉症」果は、正常果と比べて、共鳴周波数が低下し、非破壊判別が可能となるのではないかと推測された。

そこで、判別技術開発の基礎資料を得ることを目的として、モモ‘紅清水’の収穫果を供試し、音響振動法による共鳴周波数の変化と赤肉症の発生程度との関係を検討し、音響振動法による赤肉症判別の可能性を検討した。

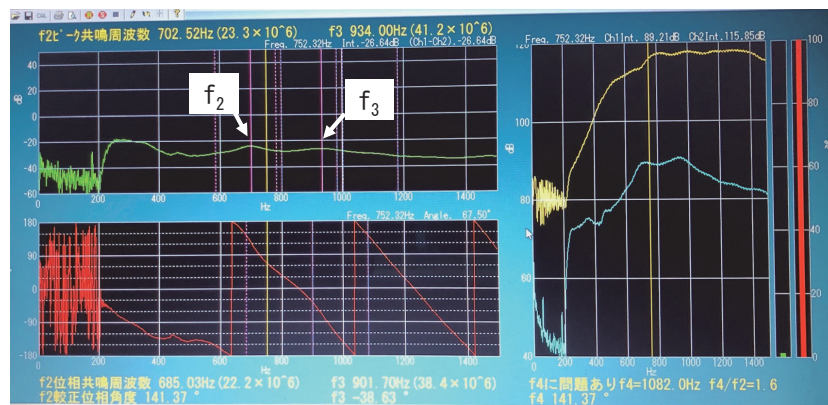
材料および方法

供試材料 2013年と2015年に、岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センターに植栽の‘紅清水’から同日に収穫された果実のうち、果皮の脱緑程度から収穫適期と判断されたものを、2013年は35個、2015年には24個を供試した。

品質調査 2013年には、収穫果について、直ちに果実重を測定した後、据え置き型音響振動測定装置（聴振器、（有）生物振動研究所）を用いて、Nakanoら⁹⁾の核割れ判別法に準じ、果実のチーク部に両センサーを接触させて、0 - 2000Hzで加振し、第2および第3共鳴周波数を調査した（第1図）。次に、高田ら¹⁾の方法に準じて、チーク部から半球状に果肉を切り出し、その断面における「赤肉症」の発生程度を4段階（0：正常、1：一部の果肉に障害発生、2：ほぼ半分の果肉に障害発生、3：ほ



音響振動測定の様子



測定画面における第2・第3共鳴周波数 ($f_2 \cdot f_3$) の表示

第1図 音響振動法によるモモ果実での測定の様子 (左) と測定画面における共鳴周波数の表示 (右)

は全面に障害発生)で評価した。切り出した果肉を搾汁して、デジタル糖度計 (PR-1 (株), アタゴ) で糖度を測定した。

2015年には、収穫直後に、上述のように、果実重と、音響振動装置を用いて第2および第3共鳴周波数を調査した。その後、25℃に室温設定した部屋に3日間置き、追熟後の共鳴周波数を再度調査した。チーク部から半球状に果肉を切りだし、2013年と同様に「赤肉症」の程度を評価した。さらに、半球状の果肉の上端の果皮を除き、果肉硬度を果実硬度計 (KM-5, (株) 藤原製作所) で測定し、切り出した果実の果汁を採取してデジタル糖度計 (PR-1, (株)

アタゴ) で果汁糖度を測定し、品質と赤肉症との関連も調査した。

結果

2013年に供試した果実について、「赤肉症」の程度で4つ (正常果と程度1-3) に区分し、果実品質および共鳴周波数を比較したところ、果実重が程度3で大きかった一方、果汁糖度が、程度1や2で正常果よりも有意に低かった (第1表)。第2, 第3共鳴周波数とも「赤肉症」の程度が進むにつれて有意に低くなった。同様に、2015年の果実についても、赤肉症の程度で区分して品質および共鳴周波数を比較したところ、果実重に「赤肉症」の程度との間には一定の傾向はみられなかったが、程度2や程度3で、正常果よりも果汁糖度は低かった (第2表)。また、共鳴周波数は、収穫時と追熟後に調査されたが、両調査時期とも、「赤肉症」の程度が進むほど低い傾向で、第2, 第3共鳴周波数とも、同様の変化を示した。

2013年に供試した果実の第2共鳴周波数の分布を「赤肉症」の程度別に第2図に示した。正常果で

第1表 赤肉症の程度別にみた果実品質と共鳴周波数の比較 (2013年)

果実区分 ²	果実数	果実重 (g)	果汁糖度 (° Brix)	果肉硬度 (kg)	f_2^y (Hz)	f_3^y (Hz)
正常	8	242.7 a ^x	15.4 a	0.66 a	664.2 a	868.7 a
程度1	7	253.6 a	14.5 a	0.63 b	632.9 b	872.3 a
程度2	12	236.8 a	13.6 b	0.53 b	527.9 b	826.6 a
程度3	6	295.6 b	15.1 a	0.42 c	421.9 c	675.1 b

²赤肉症の発生程度を3段階 (1: 断面の一部に障害, 2: 約半分に障害, 3: ほぼ全体に障害) で評価

^y f_2 : 第2共鳴周波数, f_3 : 第3共鳴周波数

^x異なる文字間にTukey検定によって5%水準で有意差あり

第2表 赤肉症の程度別にみた果実品質と収穫時と室温追熟3日後の共鳴周波数の比較 (2015年)

果実区分 ²	果実数	果実重 (g)	果汁糖度 (%)	果肉硬度 (kg)	収穫時		室温追熟3日後	
					f_2^y (Hz)	f_3^y (Hz)	f_2^y (Hz)	f_3^y (Hz)
正常	6	271.8 a ^x	12.7 a	0.30 a	726.1 a	965.2 a	465.3 a	626.5 a
程度1	9	312.8 a	12.6 a	0.29 a	592.6 b	817.1 b	416.0 ab	565.5 ab
程度2	5	307.3 a	10.9 ab	0.25 a	588.4 ab	790.0 bc	375.2 bc	505.2 c
程度3	4	266.5 a	9.4 b	0.26 a	476.8 b	662.5 c	341.2 c	484.8 c

²第1表と同様に評価

^y f_2 : 第2共鳴周波数, f_3 : 第3共鳴周波数

^x異なる文字間にTukey検定によって5%水準で有意差あり

は、800～550Hzに位置した一方、「赤肉症」果は、程度1で750～400Hz、程度2で650～200Hzと程度3が550～300Hzとなり、それらの結果は「赤肉症」の程度に対して有意な負の相関を示した。正常果と「赤肉症」果を判別する閾値を600Hzとすることで、正常果が1つ誤判定されるものの、赤肉果のうち、程度1を3個、程度2を9個、程度3を6個全て、正しく判別して取り除くことができた。

2015年に供試した果実についても収穫時と追熟時の第2共鳴周波数の分布を「赤肉症」の程度別に示した(第3図)。収穫時の共鳴周波数と「赤肉症」の程度との関係は2013年の調査と同様であり、収穫時の閾値を600Hzとすることで、正常果が誤判定されずに、「赤肉症」果を72.2%判別できた。追熟後には、共鳴周波数が全体的に収穫時よりも下がったが、程度2以上の果実で共鳴周波数がさらに著しく低く、かつ揃うようになり、正常果との共鳴周波数の差が明確となった。追熟後では、450Hzに閾値

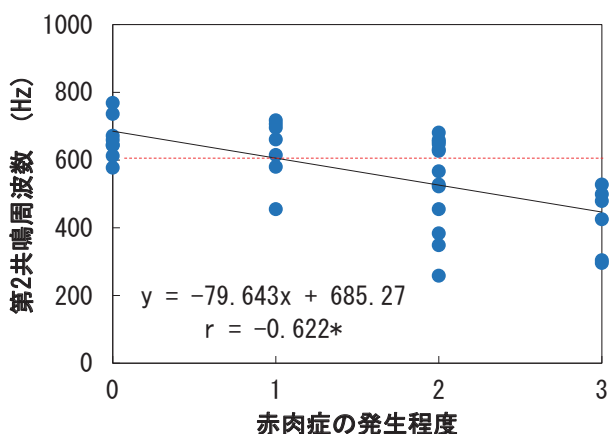
を設定すると、軟化の進んだ一部の正常果を含んだものの、「赤肉症」果を88.9%判別できた。

考 察

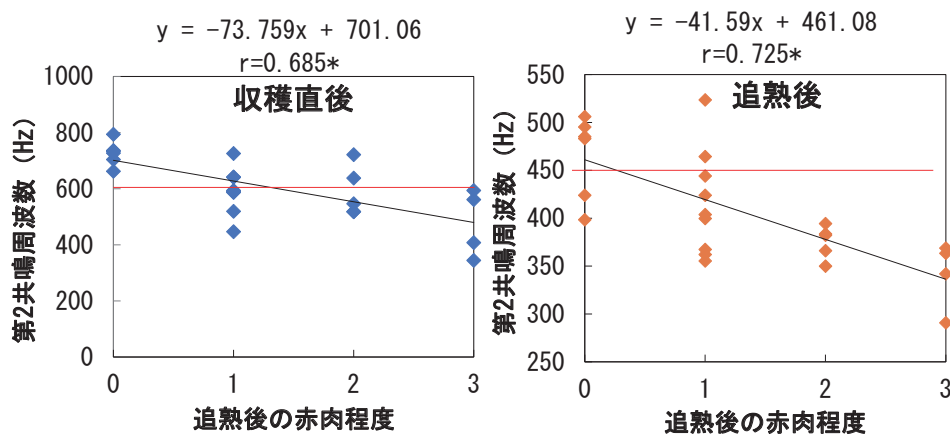
本研究では、「赤肉症」果の市場流通を抑制するために、ニホンナシで内部障害の判別に有効性が示された音響振動法⁸⁾を、モモの果肉障害の非破壊判別に利用できないか検討した。

「赤肉症」果は、低温障害(chilling injury)時に発生する果肉の変化¹¹⁾と同様に、果肉細胞壁が少なくなっている障害で、追熟させると粉質になることが知られている¹²⁾。2015年の調査果実において、追熟時の音響データと赤肉症の程度との関係を検討したところ、程度2以上の果実が、果肉硬度が急激に低下するとともに、第2共鳴周波数も著しく低下し、400Hz付近に集中した。核割れ果では、核割れに伴う微細な空洞が第2共鳴周波数を低下させていることがシミュレーションされている⁹⁾。赤肉症果では、軟化させた場合に、肉質に明確な違いが生じることを反映して第2共鳴周波数が著しく下がり、判別を行いやすいことが明らかとなった。

一方、収穫直後の評価でも、商品性が劣ると考えられている程度2以上の果実の多くを、第2共鳴周波数の閾値を600Hz程度に設定することで、判別することが可能であることが示され、特に2013年に供試した果実で、その違いは明確に認められた。このことは、「赤肉症」を呈する果実が、収穫時からすでにその特徴を有していることを示唆している可能性がある。Fukudaら¹⁰⁾は、7月半ばに収穫を迎える中生品種の「紅清水」において、6月末にはす



第2図 赤肉症の発生程度と第2共鳴周波数
* : 5%水準で有意な相関



第3図 収穫直後(左)と追熟後(右)の赤肉症の程度と第2共鳴周波数の関係(2015年)
* : 5%水準で有意な相関

で、果肉のホウ素含量が少なく、ポリフェノールも高蓄積している可能性を推測している。追熟前であるが、細胞壁組成の違いなどを反映して、共鳴周波数は低下するのかもしれない。今後、共鳴周波数の違いと果肉成分との間に何らかの関係がないか検討することで、共鳴周波数の低下を招く要因を明らかにしたい。

ただし、収穫時同じ発生程度の中でも共鳴周波数には一定の幅があることも明らかとなり、いずれの発生程度でも、700-600Hzの第2共鳴周波数を示す果実が混ざっていた。これは、一般に外観（果皮地色の抜け具合）から主観的な判断で収穫されていることから、果実の熟度も厳密には揃えられていなかった可能性がある。また、Kurokiら⁷⁾が弾性指標の算出には、共鳴周波数に加えて果実サイズが影響することを示しているように、果実サイズが影響するのかもしれない。さらに、同じ発生程度と判断しても障害部位の果肉の割合や障害部位の果肉の状態は異なったりする可能性もある。このような果実ごとの変動要因が相互に関連して、共鳴周波数の幅に関連しているのかもしれない。程度の判断による共鳴周波数の幅は狭めづらいかもかもしれないが、収穫適期を樹上で正確に判断できれば、収穫果実の斉一性を増すことが可能と考えられる。近年、音響振動装置の改良が進み、加振部と受振部に分かれていたセンサー部が1つに統合された“一点式”センサーも開発され、特許出願されている¹³⁾。この一点式センサーを用いても核割れなど従来の音響装置で行ってきたことが、一点接触により測定速度も向上しつつ、簡便に実現可能になってきている¹⁴⁾。さらに、樹上評価も可能とするモバイル型へと音響振動装置も展開してきていることから¹⁵⁾、収穫熟度を揃えながら、第2共鳴周波数の低下によって異常果を早期に把握する技術の実用化を進めることが可能となると考えられる。

さらに、果肉硬度との関係以外でも共鳴周波数が変化するのであれば、より早い果実発育時期に、判別が可能となり、障害に伴う収量のロスを減じるかもしれない。上述のように、「赤肉症」果は果実発育第2期末（6月下旬）に既に成熟異常が始まっている可能性があること¹⁰⁾や、「清水白桃」の場合、7月初めに修正摘果を行うことが栽培指針にも取り

上げられていることから¹⁶⁾、6月下旬に判別が可能となれば、修正摘果に利用できるかもしれない。今後は、収穫果だけでなく、樹上での除去判別も可能となるように、未熟果で共鳴周波数に違いが生じるかを検討していく必要がある。

このように、音響振動法を用いることで、「赤肉症」果を一定レベルの判別精度を得ることが可能とみなされた。今後さらに、さらに判別レベルが高まる手法や判別時期を検討しつつ、本研究で供試した実験機器から上述の生産現場で使いやすい音響機器へ切り替えて、本研究の知見の利用が可能か、検討を進める。

また、岡山県のモモ産地では多くの品種で発生がわずかとされているが、全国的には気象変動の進行に伴って、「水浸状果肉褐変症」が問題となっている¹⁷⁾。これは、高糖度果に多く、果肉細胞間隙の気層が消失して最終的に褐変、腐敗症状を呈することから、商品性を大きく低下させる¹⁸⁾。これまで、近赤外光式選果機での判別除去法の開発が試みられているが、発生程度が軽微な果実まで取り除く具体的な判別方法は見出されていない¹⁹⁾。水浸症状も、障害部位の果肉硬度が大きく低下することから、この判別にも音響振動法が利用可能となるかもしれない。今後、本障害の発生地域において、判別利用法の検討を行うとともに、「赤肉症」判別との相違点を検討できればと考えている。

以上のように、商品性が低下する「赤肉症」果の多くを音響振動法の利用によって非破壊で判別することが可能であることが示された。今後、さらに判別精度を高め、利用しやすい機器を導入していくことで、果肉障害果の非破壊判別技術の実用化を進めていきたい。

摘 要

モモ果実において、果肉が桃赤色を呈し粉質となる「赤肉症」果の市場流通を抑制する方法の開発を目的として、2013年と2015年に、附属山陽圏ワールド科学センター植栽の‘紅清水’から適熟収穫された果実を用いて、音響振動法による選果時の「赤肉症」非破壊判別の可能性を検討した。両年とも、程度2以上の「赤肉症」果は正常果よりも、音響振動における第2、第3共鳴周波数とも有意に低かつ

た。2015年には、「赤肉症」の発生が顕著になる室温追熟3日後の軟化状態でも音響調査を行い、程度2以上の「赤肉症」果では、共鳴周波数が正常果と比べてさらに低下することが示された。兩年とも、収穫時の第2共鳴周波数について、600Hzに閾値を設けることで、約70%の「赤肉症」果を取り除くことができ、特に程度3の果実は収穫時に選別できることが示唆され、音響振動法利用の有効性を確認できた。今後、音響振動装置の改良や安定した測定方法の開発を通して、実用技術となるように検討を進める。

文 献

- 1) 高田大輔・田上健太郎・福田文夫・久保田尚浩：モモ果実の生理障害“赤肉症”の特徴。園学雑., 74, 407-413 (2005)
- 2) 藤井雄一郎・森永邦久・村瀬拓也・岸本里菜・嶋田真耶・北小路明久・池田征弥・荒川徹・江見登吉・寺村学・荒木有朋・樋野友之・河井崇・平野健・福田文夫：モモ‘清水白桃’の赤肉果発生に及ぼす気温の影響および障害を抑制する機能的果実袋の開発。園学研., 20, 189-197 (2021)
- 3) 高田大輔・福田文夫・久保田尚浩：栽培管理法の違いがモモ‘紅清水’の赤肉果発生と果実発育に及ぼす影響。園学研., 7, 367-373 (2008)
- 4) Abbott, J. A., G. S. Bachman, N. F. Childers, J. V. Fitzgerald and F. J. Matusik: Sonic technique for measuring texture of fruits and vegetables. Food Technol., 22, 635-646 (1968)
- 5) Cooke, J. R.: An interpretation of the resonant behavior of intact fruits and vegetables, Trans. ASAE, 15, 1075-1080 (1972)
- 6) Terasaki, S., N. Sakurai, N. Wada, T. Yamanishi, R. Yamamoto and D. J. Nevins: Analysis of the vibration mode of apple tissue using electronic speckle pattern interferometry, Trans. ASAE., 44, 1697-1705 (2001)
- 7) Kuroki, S., M. Tohro and N. Sakurai : Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a green house, J. Japan. Soc. Hort. Sci., 75, 415-420 (2006)
- 8) Kadowaki, M., S. Nagashima, H. Akimoto and N. Sakurai. Detection of core rot symptom of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Kosui) by a nondestructive resonant method, J. Japan. Soc. Hort. Sci., 81, 327-331 (2012)
- 9) Nakano, R., H. Akimoto, F. Fukuda, T. Kawai, K. Ushijima, Y. Fukamatsu. Y. Kubo, Y. Fujii, K. Hirano, K. Morinaga, and N. Sakurai: Nondestructive detection of split pit in peaches using an acoustic vibration method, Hort. J., 87, 499-507 (2018)
- 10) Fukuda, F., Y. Tomita, Y. Aishima, K. Koumoto, Y. Fujii, K. Hirano, K. Morinaga, N. Kubota: Effect of flowering time on occurrence of reddish pulp in the peach. Hort. J., 86, 145-150 (2017)
- 11) Lurie, S. and C. H. Crisosto : Chilling injury in peach and nectarine, Post. Biol. Technol., 37, 95-208 (2005)
- 12) 高田大輔：モモの果肉障害“赤肉症”と“水浸状果肉褐変症”に関する研究。岡山大学大学院自然科学研究科学位論文 (2006)
- 13) 櫻井直樹・秋元秀美：一点接触硬度測定装置及び方法。特願2017-162122 (2017)
- 14) 福田文夫・河井 崇・松森史哉・深松陽介・秋元秀美・櫻井直樹・中野龍平：圃場利用型音響振動測定試作機を用いた樹上モモ果実での核割れ判別と果実熟度推定の検討。園学研., 18 (別1), 303 (2019)
- 15) 福田文夫・河井崇・中野龍平：音響振動装置を用いたモモの非破壊内部診断。最新農業技術 果樹, 13, 217-221, 農文協, 東京 (2020)
- 16) 岡山県うまいくだものづくり推進本部：I. モモ。p.1-55。果樹栽培指針。全国農業協同組合連合会岡山県本部。岡山 (2003)
- 17) 杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義：温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状。園学研., 6, 257-263 (2007)
- 18) 藤丸治・東光明・岡田眞治：中晩生モモの「みつ症」の発生要因。熊本県農業研究センター研究報告, 13, 93-99 (2005)
- 19) 渡辺晃樹・手塚誉裕・古屋 栄：モモ果肉障害における透過型光センサーを用いた非破壊判別の試み。山梨果試研報., 14, 67-74 (2015)

2. 技術部の研究継続課題

(1) 野菜・花き部門

担当者：宮地大介・谷岡浩史・山奥 隆

- 1) 少量培地によるトマトの養液栽培
- 2) 養液栽培イチゴの品質向上と花芽分化促進
- 3) 果菜類の接ぎ木・順化技術の確立
- 4) 葉菜類の水耕栽培

(2) 水田部門

担当者：出江嘉朗・多田正人

- 1) 水稲栽培における緩効性窒素肥料の肥効効果
- 2) 水田の地力向上に対する生わら連用の効果
- 3) 八浜水田におけるカキ殻部分への肥効効果

(3) 果樹部門

担当者：近藤毅典・山本 昭・酒井富美子

- 1) 教育・研究用果樹の管理法
- 2) 果樹の特性，作業能率，労力の軽減を考えた落葉果樹の栽培

(4) 畜産部門

担当者：野久保隆・青山哲也

- 1) 山地畜産開発による肉用牛の生産技術
- 2) 受精卵移植技術を用いた岡山和牛の改良
- 3) 放牧草地における集約的利用管理技術
- 4) 放牧による野草地の省力管理技術
- 5) ラップサイレージを組み入れた省力的粗飼料生産体系の構築

3. センターを利用した研究課題一覧

研 究 課 題	利用コース等 (学部)
日射比例給液制御による果菜類の養液栽培および隔離床栽培技術の確立	応用植物科学 (農)
低コスト園芸ハウスの開発と複合環境制御の最適化	応用植物科学 (農)
野菜の Ca・B 栄養に関する研究	応用植物科学 (農)
イチゴの花芽分化に関する研究	応用植物科学 (農)
イチゴ果実の発育と香気成分に関する研究	応用植物科学 (農)
日本在来稲コアコレクションを用いた遺伝資源の評価	応用植物科学 (農)
登熟期の高温による水稻白未熟粒発生の品種間差異	応用植物科学 (農)
Cultivar Differences in Nitrogen Use Efficiency of Field Grown	応用植物科学 (農)
Rice Plants at Different Levels of Nitrogen Fertilizer	応用植物科学 (農)
Effect of high-temperature and shading on growth, yield and dry-matter production of Vietnamese rice cultivars (<i>Oriza sativa</i> L.) in the paddy field.	応用植物科学 (農)
鉄コーティング種子を用いた湛水直播栽培における飼料用水稲品種の適応性に関する研究	応用植物科学 (農)
世界のダイズコアコレクションを用いた収量関連形質の遺伝的変異の解析	応用植物科学 (農)
ダイズの子実生産に及ぼす播種期と栽植密度の影響	応用植物科学 (農)
ダイズの日射乾物変換効率におよぼす播種期と栽植密度の影響	応用植物科学 (農)
果実の軟化機構に関する研究	応用植物科学 (農)
モモの赤肉果の細胞壁成分について	応用植物科学 (農)
モモの果実品質に及ぼす果実発育日数の影響	応用植物科学 (農)
モモの非破壊評価技術の開発	応用植物科学 (農)
ブドウの着色障害 (斑状) の発生の解析と対策	応用植物科学 (農)
モモの低温貯蔵における障害発生温度の解明	応用植物科学 (農)
日射比例給液制御および複合環境制御による果菜類の養液栽培技術の確立	応用植物科学 (農)
野菜の Ca および B 栄養に関する研究	応用植物科学 (農)
イチゴの花芽分化に関する研究	応用植物科学 (農)
イチゴ果実の発育と香気成分に関する研究	応用植物科学 (農)
営農型太陽光発電に関する研究	応用植物科学 (農)
新規発情同期化技術の開発に関する研究	応用動物科学 (農)
発酵飼料の調製に関する研究	応用動物科学 (農)
黒毛和種の哺育・育成過程における腸内フローラの解析	応用動物科学 (農)
津高牧場生産子牛の初期成長形質に関する研究	応用動物科学 (農)
岡山黒毛和牛の繁殖効率向上に関する研究	応用動物科学 (農)
太陽光発電パネル下での作物生産に関する委託研究	応用植物科学 (農)
ブドウの着色障害 (斑状) の発生の解析と対策	
サツマイモの形質支配遺伝子マッピングのための系統特性調査	
水田と大気と温室効果ガス (CO ₂ ・メタン・水蒸気) 交換量の測定	環境管理工学 (環理)
コンポスト実験のための作物のごみの採取	環境デザイン工学 (環理)
微生物由来のナノ構造制御鉄酸化物の革新的機能創出	自然科学研究科
地表面熱収支の研究	地球物質循環学 (理)

4. センターを利用した研究の著書・原著論文・報告書・口頭発表一覧

(1) 著書・雑誌など

なし

(2) 総説ほか

福田文夫：岡山大学と岡山県によるブドウ「オーロラブラック」の輸出試験事例，果樹，72 (2)：14-16.

福田文夫：よくわかる果樹用語解説Ⅱ．～ブドウの花穂（果穂），「車」，小果梗～，果樹，72 (9)：18-19.

福田文夫，藤井雄一郎：モモ成熟期の高温による成熟遅延及び対策，果樹，72 (10)：8-12.

(3) 原著論文

Vinh, T. D., Y. Yoshida, Mitsuo Ooyama, Tanjuro Goto, Ken-ichiro Yasuba, Yoshiyuki Tanaka: Comparative Analysis on Blossom-end Rot Incidence in Two Tomato Cultivars in Relation to Calcium Nutrition and Fruit Growth. *The Horticulture Journal*, 87, 97-105.

Yasuba K., H. Kurosaki, T. Hoshi, T. Okayasu, Y. Tanaka, T. Goto, Y. Yoshida: Development of program library using an open-source hardware for implementation of low-cost greenhouse environmental control system, *Environmental Control in Biology*, 56, 107-112.

Tanaka, Y., S. Fukuta, S. Koeda, T. Goto, Y. Yoshida, K. Yasuba: Identification of a novel mutant pAMT allele responsible for low-pungency and capsinoid production in chili pepper: Accession 'no. 4034' (*Capsicum chinense*), *The Horticulture Journal*, 87, 222-228.

Kawai, T., Matsumori, F., Akimoto, H., Sakurai, N., Hirano, K., Nakano, R., and Fukuda, F.: Nondestructive detection of split-pit peach fruit on trees with an acoustic vibration method. *Hort. J.*, 87, 499-507.

Nakano, R., Akimoto, H., Fukuda, F., Kawai, T., Ushijima, K., Fukamatsu, Y., Kubo, Y., Fujii, Y., Hirano, K., Morinaga, K., and Sakurai, N.: Nondestructive detection of split pit in peaches using an acoustic vibration method., *Hort. J.*, 87, 281-287.

金城 朱理, 花田 惇史, 吉田 裕一, 後藤 丹十郎, 安場 健一郎, 田中 義行: 育苗期中盤におけるトレイ苗のスペーシングが間欠冷蔵処理したイチゴの開花に及ぼす影響, *園芸学研究*, 17, 319-325.

杉本充, 蘆田哲也, 齊藤邦行: 丹波黒大豆系エダマメ「紫ずきん2号」における外観品質からみた収穫適期の診断, *日本作物学会紀事*, 87, 132-139.

杉本充・蘆田哲也・岡井仁志・齊藤邦行: 京都府の丹波黒大豆系エダマメ「紫ずきん2号」の作型開発－播種期, 栽植密度および培土期追肥の検討から－, *日本作物学会紀事*, 87, 250-258.

Tran T. Q., Maeda M., Oshita K., Takaoka M. and Saito K., Phosphorus and potassium availability from cattle manure ash in relation to their extractability and grass tetany hazard., *Soil Sci. Plant Nutr.*, 64, 415-422.

Kawai, T., Matsumori, F., Akimoto, H., Sakurai, N., Hirano, K., Nakano, R., and Fukuda, F.: Nondestructive detection of split-pit peach fruit on trees with an acoustic vibration method. *Hort. J.*, 87, 499-507.

Nakano, R., Akimoto, H., Fukuda, F., Kawai, T., Ushijima, K., Fukamatsu, Y., Kubo, Y., Fujii, Y., Hirano, K., Morinaga, K., and Sakurai, N.: Nondestructive detection of split pit in peaches using an acoustic vibration method., *Hort. J.*, 87, 281-287.

Sakai, S., Hagihara, N., Kuse, M., Kimura, K. and Okuda, K.: Heat stress affects prostaglandin synthesis in bovine endometrial cells. *J. Reprod. Dev.*, 64, 311-317.

Nishie, T., Kobayashi, Y., Kimura, K. and Okuda, K.:
Acute stimulation of a smooth muscle constrictor
by oestradiol-17 β via GPER1 in bovine oviducts.
Reprod. Domest. Anim., 53, 326-332.

(4) 報告書他

山中良祐, 矢野孝喜, 吉越 恆, 吉田裕一, 安場健
一郎ほか: 高収益イチゴ経営を目指して-複合環
境制御装置YoshiMax導入パンフレット-, 西日
本農研センター技術紹介パンフレット (2018)

(5) 口頭発表 (ポスター発表を含む)

瀬角美穂, 吉田裕一, 金城朱理, 後藤丹十郎, 田中
義行, 安場健一郎: トレイ苗のスペーシング時期
がイチゴの間欠冷蔵処理効果発現に及ぼす影響,
園芸学会中四国支部平成30年度大会 (出雲市,
2018.7.21)

吉田裕一, 中井さや香, 田外健也, 田中義行, 後
藤丹十郎, 安場健一郎: イチゴ高設栽培における
肥効調整型肥料の肥効に及ぼす培地加温の影響,
園芸学会中四国支部平成30年度大会 (出雲市,
2018.7.21)

後藤丹十郎, 佐藤博紀, 田中義行, 安場健一郎, 吉
田裕一, 松浦恭和, 森 泉: 高温期の遮光がミニ
シクラメンの成長と開花に及ぼす影響, 園芸学会
中四国支部平成30年度大会 (

吉田裕一, 森 彩奈, 後藤丹十郎, 田中義行, 安場
健一郎: 40日型肥効調整型肥料と培養液施用を組
み合わせた高設栽培イチゴの肥培管理, 園芸学会
平成30年度秋季大会 (鹿児島市, 2018.9.21-23)

瀬角美穂, 吉田裕一, 金城朱理, 日高 啓, 後藤
丹十郎, 田中義行, 安場健一郎: 培養液中のホ
ウ素濃度がイチゴの受精不良果発生に及ぼす影
響, 園芸学会平成30年度秋季大会 (鹿児島市,
2018.9.21-23)

砂川直徹, 吉田裕一, 瀬角美穂, 後藤丹十郎, 田
中義行, 安場健一郎: 定植前の液肥施用が間欠
冷蔵処理したイチゴ‘女峰’の開花に及ぼす影
響, 園芸学会平成30年度秋季大会 (鹿児島市,
2018.9.21-23)

吉木慧, 米田朋樹, 高瀬貴文, 栗山夢野, 吉田裕一,
後藤丹十郎, 田中義行, 安場健一郎: 葉菜類栽培

におけるべたがけ処理が地表近くのCO₂濃度変化
に及ぼす影響, 園芸学会平成30年度秋季大会 (鹿
児島市, 2018.9.21-23)

Indech, A., Y. Yoshida, T. Goto, K. Yasuba, Y. Tanaka:
Leaf removal increases calcium in tomato fruit
under blossom end-rot inducing conditions, 園芸
学会平成30年度秋季大会 (鹿児島市, 2018.9.21-
23)

後藤丹十郎, 箕浦彰子, Nguyen, Thi Cam, 田中義
行, 安場健一郎, 吉田裕一: 仕立て方法がダリア
の露芯花の季節変動に及ぼす影響, 園芸学会平成
30年度秋季大会 (鹿児島市, 2018.9.21-23)

西本登志, 東井君枝, 佐藤卓也, 吉田裕一, 金森健
一, 山崎敬亮, 村上健二, 根本明季, 厚見治之:
イチゴ栽培でのヒロズキンバエ利用に関する共同
研究, 3年間の成果!, 第6回日本マゴットセラピー
症例検討会 (京都市, 2018.12.3)

吉田裕一, 櫻井美緒, 中井さや香, 後藤丹十郎, 安
場健一郎, 田中義行: イチゴ果実の食味特に低沸
点香気成分と糖濃度に影響する要因について, 園
芸学会平成31年度春季大会 (川崎市, 2019.3.23-
24)

Phan, Thu Thao, 福島啓吾, 田中義行, 安場健一郎,
吉田裕一, 後藤丹十郎: Effect of re-drying of
cold imbibed seeds and storage duration after re-
drying treatment on the germination, bolting and
flowering of *Eustoma*, 園芸学会平成31年度春季
大会 (川崎市, 2019.3.23-24)

吉田裕一: イチゴの光合成 - CO₂・光環境と収量・品
質 -, 三重県イチゴ生産者研修会 (招待講演), .
JA松阪, 2018.6.26

吉田裕一: イチゴ養液栽培の基本と栽培システムの
必要条件 - 養水分・環境制御・栽培管理 -, 大阪
府いちごアカデミー (招待講演), 大阪府南河内
府民センター, 2018.8.22

吉田裕一: イチゴのポリネーターとしてのビーフラ
イの受粉能力と実用性について, 革新的技術開
発・緊急展開事業 (うち地域戦略プロジェクト)
セミナー「イチゴ栽培におけるミツバチの補完ポ
リネーターとしてのビーフライ (ヒロズキンバエ)
の利用」 (招待講演), 鳥根県農業技術センター,
2018.10.31

- 吉田裕一：光合成 - CO₂濃度を優先したYoshiMaxによるイチゴの複合環境制御，革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）セミナー「イチゴ栽培の高収益化のための低コストハウス開発と複合環境制御技術の最適化」（招待講演），岡山大学農学部，2018.11.1
- 吉田裕一：アグリビジネス創出フェア「UECSに対応した環境制御コントローラYoshiMaxの開発」（招待講演），東京，東京ビッグサイト，2018.11.21.
- 吉田裕一，瀬角美穂：ホウ素の欠乏と転流不足がイチゴの受精不良果発生に及ぼす影響，第18回RIBSバイオサイエンスシンポジウム「減農薬イチゴ栽培への挑戦」（招待講演），岡山大学，2018.11.22
- 吉田裕一：イチゴ養液栽培の基本と栽培システムの必要条件—養水分・環境制御・栽培管理，兵庫県施設園芸技術講演会（招待講演），兵庫ネクストファーム，2018.12.3
- 中村宜貴，兼田朋子，北澤裕明，渡邊高志，安永円理子，福田文夫，中野龍平，永田雅靖，椎名武夫：流通時の果実軟化を考慮したモモ輸出時の損傷予測に関する検討，園芸学会平成30年度春季大会，近畿大学
- 河井 崇，松森史哉，秋元秀美，櫻井直樹，中野龍平，福田文夫：音響振動法を用いた樹上でのモモ核割れ果の非破壊判別，園芸学会平成30年度春季大会，近畿大学
- 橋本優菜，仲田汐里，岩井綾平，河井 崇，福田文夫，首藤浩一，小椋健二，池永裕一，西銘玲子，中野龍平：高性能冷蔵コンテナ0℃貯蔵およびMA包装によるブドウ‘オーロラブラック’の長期貯蔵とその輸出試験，園芸学会平成30年度春季大会，近畿大学
- 荒木有朋，福田文夫，森永邦久，松浦恭和，池田陽子，森 泉，藤井雄一郎，樋野友之，井上幸次，水野文敬，宮本善秋：モモ台木‘ひだ国府紅しだれ’種子の発芽処理に伴う内生植物ホルモンの動態，園芸学会平成30年度秋季大会，鹿児島大学
- 齊藤邦行，多田正人，「岡大ライス」の候補品種の選定，作物学会中国支部平成30年度岡山大会，2018年7月26日，岡山県岡山市
- 伊藤さやか，山本ゆき，木村康二：ウシ卵管上皮にみられる段階的な繊毛形成過程，第41回日本分子生物学会年会
- 山田亜依，高見恵都，酒井駿介，山本ゆき，木村康二：Temperature sensing TRP channels are involved in increase of prostaglandin production of bovine endometrial stromal cells under heat stress. 3rd International Conference on Biologically Active Substances Bioactive Okayama 2018
- 山本ゆき，黒川真帆，小川泰司，木村康二：Ion channels involved in the generation mechanism of phasic spontaneous contraction of bovine oviduct. 3rd International Conference on Biologically Active Substances Bioactive Okayama 2018
- 山田亜依，高見恵都，酒井駿介，山本ゆき，木村康二：暑熱環境下におけるウシ子宮内膜プロスタグランジン分泌と温度感受性TRPチャネルとの関係，第68回関西畜産学会
- 酒井駿介，山本ゆき，畑生俊光，木村康二：暑熱ストレスによるウシ子宮内膜免疫系の変化，第68回関西畜産学会
- 木村康二，藤井貴志，松山秀一，平山博樹：Nonsurgical transfer of bovine elongating conceptus and its application for genomic evaluation. The 5th Japan-Korea-China Joint Symposium
- 伊藤さやか，山本ゆき，木村康二：ウシ卵管上皮構成細胞のタンパク質発現解析による分化経路の推測 第111回日本繁殖生物学会
- 山田亜依，高見恵都，酒井駿介，山本ゆき，木村康二：暑熱によるウシ子宮内膜のプロスタグランジン分泌増加と温度感受性チャネルの関係，第111回日本繁殖生物学会
- 丸尾直奈，羽柴一久，渡邊大輔，木村康二：ウシ黄体細胞におけるLH感受性とコラーゲンの関係，第111回日本繁殖生物学会
- 酒井駿介，畑生俊光，山本ゆき，木村康二：子宮内膜における免疫系は暑熱ストレスにより変化する，第111回日本繁殖生物学会
- 山本ゆき，黒川真帆，小川泰司，木村康二：ウシ卵管自発収縮に関与するイオンチャネルと平滑筋細胞内カルシウム変動の解析，第111回日本繁殖生

物学会

山本ゆき, 黒川真帆, 小川泰司, 木村康二:
Evaluation of the ion channel functions phasic spontaneous contraction and characterization of Ca^{2+} oscillation in cultured smooth muscle cells in bovine oviduct. 51st Annual Meeting of Society for the Study of Reproduction

山田亜依, 高見恵都, 酒井駿介, 山本ゆき, 木村康二: TRP channels, sensors for temperature, are localized on bovine endometrium and involved in increase of prostaglandin production of bovine endometrial stromal cells under heat stress. 51st Annual Meeting of Society for the Study of Reproduction

丸尾直奈, 羽柴一久, 渡辺大輔, 木村康二:
Sensitivity to lutenizing hormone of bovine luteal steroidogenic cells in various culture methods with collagen. 51st Annual Meeting of Society for the Study of Reproduction

酒井駿介, 畑生俊光, 山本ゆき, 木村康二:
Alteration of immune responses in bovine endometrial cells under heat stress conditions. 51st Annual Meeting of Society for the Study of Reproduction

丸尾直奈, 羽柴一久, Fadhilah, 木村康二: 黄体細胞の機能に及ぼすスフェロイド培養の影響 おかやまバイオアクティブ研究会第18回学生プレゼンテーション