

宙吊り型イチゴ用出荷容器の開発

第1報 宙吊り型容器の傷防止効果

馬場紀子*・江嶋亜祐子・大石高也¹⁾・折野太陽¹⁾・車 政弘²⁾
・安武正剛²⁾・宮崎良忠³⁾・樺島 勝³⁾・渡邊健太郎³⁾

イチゴを長距離輸送するための新しい出荷容器として、宙吊り型構造を有する容器の傷防止効果について検討した。福岡県筑紫野市から東京へトラックまたは航空機により輸送試験を行った。発泡PS製トレーを用いた「ホール型容器」は、輸送中の玉まわりが多く傷の発生面積が大きかった。PETトレー上にイチゴを並べる「平詰め型容器」は、果実同士の接触部分で多くの傷が発生した。考案した「宙吊り型容器」は、果実同士の接触がなく、柔軟なPEフィルムで包み込むことによって玉まわりが抑えられたため傷の発生は少なかった。「ホール型容器」および「宙吊り型容器」に25Hzの定常振動を加えた結果、容器の内部に発生する振動の周波数の種類に差が認められ、「ホール型容器」では加振振動の25Hzよりも高い周波数の振動が多く認められた。

[キーワード：イチゴ，荷傷み，容器，振動周波数]

Development of a Hammock-type Package for Strawberries.(1)Damage-prevention Effect of the Hammock-type Package. BABA Noriko, Ayuko ESHIMA, Takaya OOISHI, Takayasu ORINO, Masahiko KURUMA, Seigo YASUTAKE, Yoshitada MIYAZAKI, Masaru KABASHIMA and Kentaro WATANABE (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 31:27-31(2012)

The damage-prevention effect of a hammock-type packages which was developed for long-distance transportation for strawberries was studied.

A transportation test from Chikushino, Fukuoka Prefecture, to the Kanto area was carried out using three types of packages. With the “hole-type package” using foamed PS trays, the pieces of fruit moved inside the pack and many damages occurred. With the “flat stuff package” using PET tray, the pieces of fruit were in contact with each other and many damages occurred. With the newly developed “hammock-type package”, there were few damages because the pieces of fruit were not in contact with each other and their movements inside the pack were suppressed by the flexible PE film. When vibrations (25Hz) were applied to the “hole-type package” and the “hammock-type package”, a difference was seen in the frequencies of vibration propagating to the inside”.

[Key words : damage, package, strawberry, vibration]

緒 言

福岡県のイチゴ「あまおう」の出荷量は約13,000トンで、京浜等 4大市場へ約10,000トンを出荷している(2010年度JA全農ふくれん販売実績)。そのため、本県のイチゴ販売において長距離輸送技術は不可欠で、流通中に傷が付きにくい出荷容器が求められている。しかし、現行のプラスチック製トレーや発泡ウレタントレーを用いた容器では、果実同士の接触や容器内の玉まわりにより果実の傷が付きやすい現状にある。

そこで筆者らは、流通中の振動による損傷を軽減することを目的に新しいデザインのイチゴ容器を考案した。本容器は、柔軟性のあるフィルムで果実全体を支える宙吊り構造を有する新規性の高い容器であり、構造強度やスタッキング(積み重ね)性に配慮したデザインである(車ら 2010)。

本報告では、新しく考案した宙吊り型イチゴ容器の

傷防止効果について、東京への実輸送試験および実験室内振動試験より検討した。

材料および方法

1 供試容器

イチゴの包装容器として、以下の3種類を比較検討した。試験を行う際は、各容器とも専用の段ボール箱内に設置した。また、イチゴ1果重および容器あたり重量は一般的な流通規格に準じた。

(1) 宙吊り型容器

容器の外装はポリエチレンテレフタレート(PET)を素材とし、同素材により容器内部に柱構造を作った。容器の内側にはイチゴの果実形に成型されたポリエチレン(PE)フィルムを張り、PETの柱でPEフィルムを支えることでイチゴを宙吊りにすることができる。容器は上下に分かれており、重ね積みされた際にPET製の柱構造により容器全体の強度が確保される

* 連絡責任者(食品流通部: babanori@farc.pref.fukuoka.jp)

受付2011年 7月28日; 受理2011年11月18日

1) 大石産業株式会社
2) 九州産業大学
3) 計測検査株式会社

よう設計されている(第1図, 第2図)。東京への輸送試験には, 15ホールタイプの容器を用い, 28g前後のイチゴで内容量を420g程度に調整した。

(2) ホール型容器(現行容器)

本容器は, 現在, イチゴ「あまおう」の贈答向けに使用されている容器で, イチゴの形状の窪みを有する発泡PE製ソフトトレーにイチゴを詰めるタイプである。現行容器の中で, 宙吊り型容器と形状や資材価格が最も近いので, 本研究の比較容器として用いた。ソフトトレーは専用の段ボール箱に入れ, イチゴを詰めた後, 上部にポリスチレン(PS)フィルムを載せ(第3図), さらに気泡緩衝シートを載せ, 実験に供試した。ソフトトレー(12果用)は, 35g前後のイチゴで内容量を420g程度に調整した。

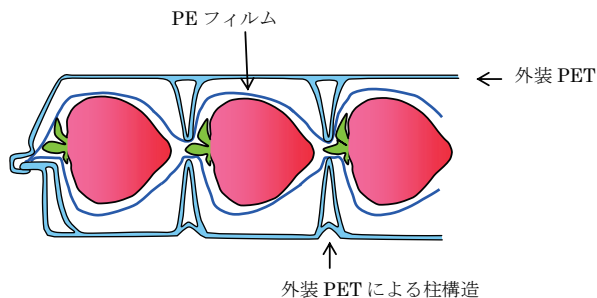
(3) 平詰め型容器(現行容器)

本容器は, イチゴ「あまおう」の長距離輸送で最も一般的に使用されている容器で, PET製トレー容器に, 厚さ約1mmの緩衝用発泡ウレタンシートを敷き, その上にイチゴ果実を一段で詰め, 上からPSフィルムを被せるものである(第3図)。本試験では29g前後のイチゴ11果を用い内容量を約320g程度に調整した。

2 実輸送試験方法

2009年1月, 2009年3月, 2010年1月に福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)から東京(東京都中央区東日本橋)への輸送試験を行った。トラックでの輸送距離は約1,100km, 輸送時間(荷受け等による停止時間は含まない。以下同じ)は約14時間でそのうち約1,000kmは高速道路等の有料道路を使用した。航空機による輸送は, 輸送距離は約950kmで約100kmのトラック輸送を含み, 輸送時間は約4.2時間であった。

各容器にイチゴ「あまおう」を詰め, ダンボール箱



第1図 宙吊り型イチゴ容器の構造



第2図 宙吊り型イチゴ容器の断面および外観



第3図 従来容器に詰めたイチゴの荷姿
(左:ホール型容器, 右:平詰め容器)

- 1) ホール型容器: 257×180×62mm, 450g用
- 2) 平詰め容器: 307×223×61mm, 320g用×2パック

に梱包後, 宅配便(トラックまたは航空機利用)で発送した。輸送中の梱包内温度を株式会社ティアンドディ社製おんどとりTR-71Uで, また, 輸送中の振動をスリックス社製G-MENで測定した。

着荷後はすぐに開梱し, 目視でイチゴの傷面積を調査し, イチゴ果実の全表面積を100としてその割合(%)で示した。

輸送中の玉まわりの程度については, 各容器に詰めたイチゴ上部に直径8mmの円形シールを貼り(第4図, 黄色シール参照), 輸送前後の写真を比較し, 果実の水平方向および上下方向の回転角度から点数化(1点/30°)し, その合計値から1果実あたりの平均値を算出し, 評価した。調査は1区あたり24果~30果を用いた。

3 宙吊り型容器およびホール型容器内の振動測定

容器内の振動の測定は, イチゴ果実の個体差や実験中の果肉硬度の変化による影響を避けるため, イチゴ模型を用いて行った。用いたイチゴ模型は, 1果重35gのイチゴ「あまおう」を想定し, 果実と同一の形や比重となるよう, 発泡スチロールと紙粘土で作成した。

各容器にイチゴ模型を設置し, 容器の中央付近に設置した模型の上部に振動検知用ピックアップを貼り付け(第5図), アイデックス社製振動試験機(BF-50UT)により定常振動を発生させ, 加振台の振動と容器に伝わる振動を計測した。中村ら(2007)は, イチゴ果実への振動伝達率が高く損傷に大きな影響を及ぼす周波数帯は20~30Hzとしていることから, 本報告における定常振動の周波数は25Hzとした。なお, 振動検知用ピックアップとの接触による振動データへの影響を避けるため, 試験は全て上部フィルムや上蓋は付けずに行った。得られた振動データより高速フー

リエ変換（以下、「FFT解析」という）を行い、発生した振動の周波数を調査した。

結果

1 実輸送試験による容器の傷防止効果

(1) 輸送環境と傷発生面積

第1表に輸送時の温度および振動環境を示した。今回実施した輸送試験における温度環境はほぼ同一で、最高温度はいずれも農業総合試験場から発送した直後に短時間遭遇した13~15℃であり、その後は低温環境を維持した（データ略）。また、平均温度は3.0℃から5.6℃でいずれもイチゴの品質保持には適切な温度環境で推移した。輸送中の振動加速度（G）は、輸送手段や路面の状況、荷扱い時に発生する衝撃の指標等と

して用いられる（岡本 2011）。本報告では、簡易振動測定機G-MENを用い、全輸送試験の輸送振動を計測した。イチゴの傷みは振動加速度が高いほど大きく（小林 2011）、本報告ではトラック走行時の発生加速度（0.5~2G）を超える3G以上の加速度発生回数を輸送時の荷扱いの指標として用いた。その結果、2009年3月に実施した航空機による輸送時が最も発生回数が多く、第2表に示す傷の発生割合も全体的に高かった。また、2010年1月に実施したトラック輸送では3G以上の加速度が発生した回数が11回と多かったものの、全体的に傷の発生は少なかった。2009年3月のトラック輸送試験では、2009年1月および2010年1月のトラック輸送の場合よりも全体的に傷面積が大きかった。これは、栽培時の外気温の上昇に伴いイチゴの果肉硬度が低下し（堤ら2005）、イチゴ果実全体が傷が付きやすかったためと考えられた。

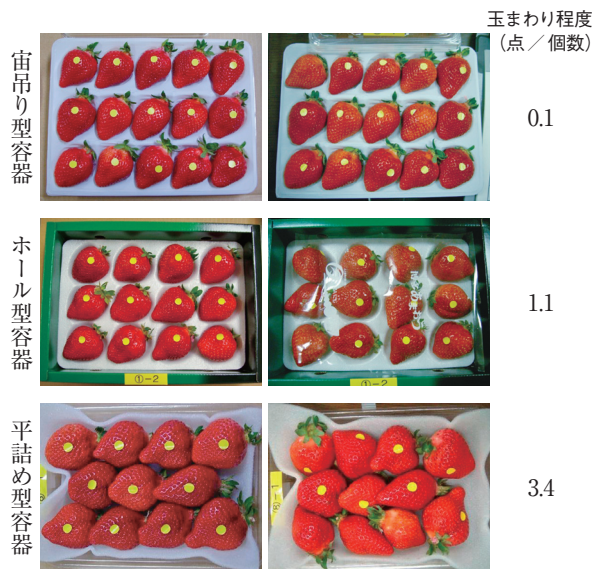
(2) 容器別傷発生状況と宙吊り型容器の傷防止効果

容器別の傷発生面積を第2表に示す。宙吊り型容器は、輸送日および輸送手段に関わらず、ホール型容器および平詰め型容器よりも傷発生面積が有意に小さかった。また、ホール型容器と平詰め型容器とを比較すると、2009年1月の輸送試験以外では差が認められなかった。

各容器の輸送前後の写真を第4図に示す。ここに示した写真は2009年3月に東京へトラック輸送したもの的一部分である。いずれの輸送試験においても同様な着荷の傾向が確認され、宙吊り型容器では他の容器に比較して玉まわりが少なかった。これは、イチゴ型に成型されたPEフィルムが果実を上下に包み込んでいるため、玉まわりを抑制したものと推測された。また、着荷時の観察から、宙吊り型容器における傷の発生原因は、果実先端部分と容器内PET製柱との接触や、PEフィルムとのスレによるものと考えられた。ホール型容器では玉まわりが激しく、発泡PE製ソフトトレイとの接触による傷が発生し、傷面積が大きくなった。

平詰め型容器は、隣接する果実同士が接触する部分が多く、接触部分のほとんどでオセ傷が発生した。また、玉まわりが発生すると、硬いPETトレイや下部のウレタンシートとの接触により傷が発生し、傷面積が一層大きくなっていった。

以上の結果より、本研究における輸送環境下では、果実の傷は果実同士の接触や玉まわりに起因することが多く、構造的にこれらの要因を回避できる宙吊り型容器が有効であることが明らかとなった。



第4図 供試した各容器における輸送前後のイチゴの様子および玉まわり程度

- 1) 2009年3月トラック輸送時
- 2) 玉まわり程度：輸送前後の写真より水平および上下方向の回転角度を点数化（1点/30°）し、1果あたりの平均値を算出した。



第5図 振動測定の様子

- 1) 振動台、2) 振動台用ピックアップ、3) 宙吊り型用ピックアップ、4) ホール型用ピックアップ

第1表 輸送中の輸送環境

項目	2009年1月		2009年3月	
	トラック	トラック	航空機	トラック
温度	最高 (°C)	15.0	13.0	14.1
	最低 (°C)	0.0	2.2	0.0
	平均 (°C)	4.6	5.5	3.0
振動	3G以上発生数 (回)		4	6
			17	11

1) 振動発生回数は上下方向のみの発生数

第2表 実輸送試験における着荷時の傷発生面積 (%)

容器の種類	2009年1月		2009年3月	
	トラック	トラック	航空機	トラック
宙吊り型	6.5 a	8.9 a	11.3 a	1.6 a
ホール型	13.1 b	33.1 b	28.9 b	7.1 b
平詰め型	29.5 b	39.8 b	44.3 b	15.7 b

1) 異英文字間は同一輸送における容器の種類間に1%水準で有意差あり (Scheffe法)

2) 傷発生程度: 発生した傷面積を目視で確認し, 果実の全表面積を100とし, その割合で示した。

2 振動試験による容器内振動の測定および評価

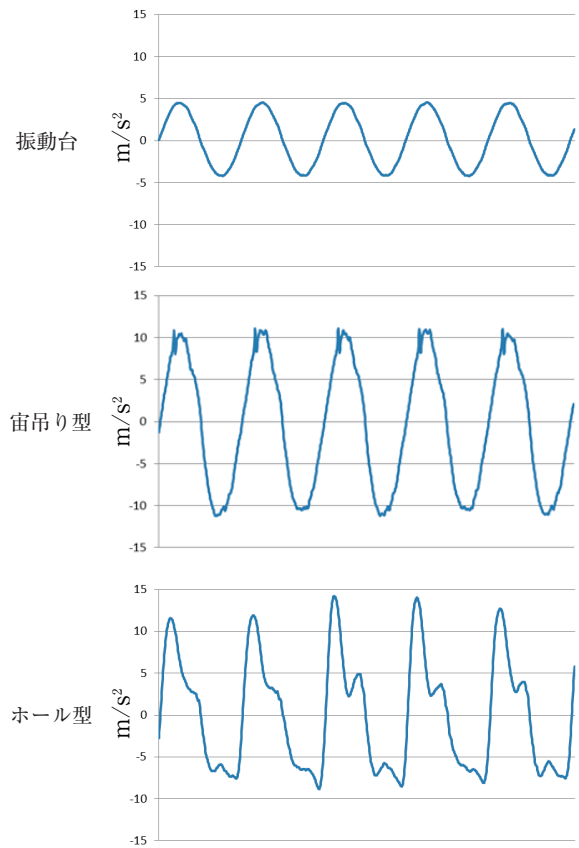
(1) 振動波形による振動緩衝性の評価

輸送振動は青果物に損傷を与えるだけでなく, 呼吸速度の上昇や有機酸含量の減少など青果物の鮮度に影響を及ぼすことが知られている (多々良ら 1999, 中村ら1986)。本研究で考案した容器は, イチゴを柔軟なPEフィルムで宙吊りするため, 外部から加わる振動や衝撃に対する緩衝性が高いことが期待された。そこで, 容器の振動特性を評価するため, 25Hzの定常振動 (以下, 「基本振動」という) で加振し, 宙吊り型容器およびホール型容器に発生した振動を測定し, その波形を比較した。

振動台, 宙吊り型容器およびホール型容器の振動波形を第6図に示した。宙吊り型容器およびホール型容器とも振動台の約2倍の最大加速度を示し, いずれの容器でも内部で発生した振動は基本振動よりも強度が高くなることが認められた。また, ホール型容器では宙吊り型容器に比較して振動波形が複雑で, 基本振動以外の振動波形が多数重なっていることが示唆された。

(2) FFT解析による発生振動周波数の違い

25Hzで加振した場合の振動台, 宙吊り型容器およびホール型容器に発生した振動のFFT解析結果を第7図に示した。振動台では25Hzの基本振動のみが

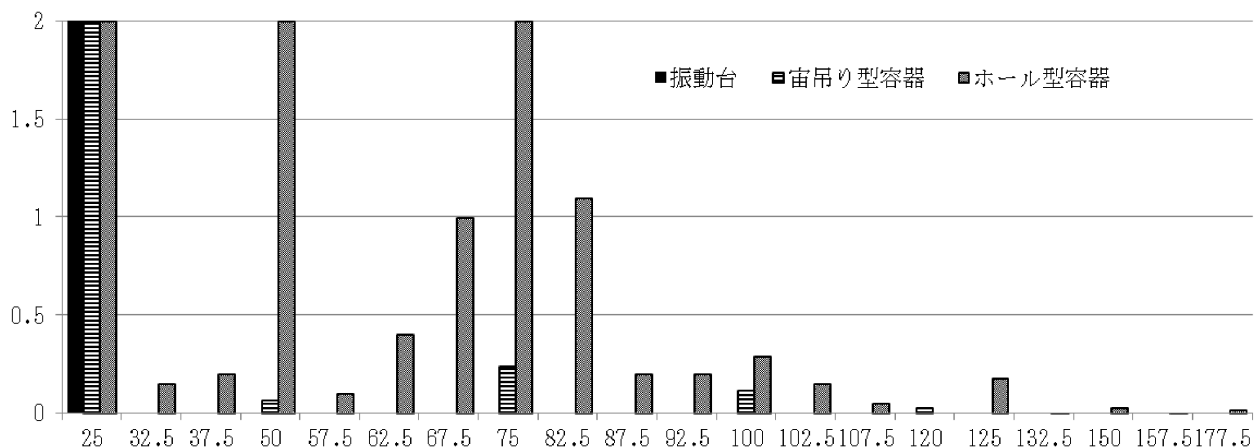


第6図 宙吊り型およびホール型容器の伝達振動波形
1) 25Hz加振時のz軸波形

確認されたが, 宙吊り型容器では25Hz以外に50Hz, 75Hz, 100Hz, の振動がわずかに確認された。一方, ホール型容器では50Hzと75Hzに 2m/s²以上の振動が認められ, また, それ以外にも32.5Hzから177.5Hzまでに16種類の振動の発生が認められた。

考 察

本研究では, 長距離輸送向けに考案した宙吊り型イチゴ容器について, 東京への実輸送試験と実験室内振



第7図 FFT解析による発生振動周波数と振動加速度
1) 25Hz加振時のz軸波形

動試験により、その傷防止効果について検討した。

本研究における実輸送試験は宅配便を用いた試験であり、JA等から京浜市場等へ大量出荷されている輸送よりも中継点が多く、大きな振動や衝撃が発生する輸送環境下（岡本 2011）での結果である。しかし、近年は輸出やインターネット販売など多様な販売形態に伴う過酷な輸送環境にも配慮する必要があり、本研究では宅配便による輸送試験を実施した。

本研究の結果、宙吊り型容器は、現行の2種類の容器（ホール型容器および平詰め型容器）よりも傷防止効果が高く、その要因は2つあることが確認できた。

まず第1に、果実が個々のホール内に収まり、隣接する果実との接触が回避できることである。第2は果実の形に成型した柔軟なPEフィルムで果実を全体的に覆うことにより玉まわりが抑制され、果実と容器との接触傷等の発生を抑制することである。

また、宙吊り型容器およびホール型容器とでは、内部に発生する振動特性が異なる傾向を示すことが認められた。中村ら（2008）は、周波数別にイチゴトレイの振動伝達率を調査し、20Hz近傍でピーク値（4.2）を示し、30Hzでは2.6であったことを示している。中村らが用いた容器と本研究で用いた容器は異なるものの、本報告の結果においても、宙吊り型容器およびホール型容器とも基本振動の約2倍の加速度を示し、加速度伝達率の増加について中村らの結果とほぼ一致した。また、中村ら（2007）は、17~24Hzにおける周波数域でイチゴがプラスチックトレイ内で飛び跳ねることで損傷の原因となることを報告している。本研究において、振動試験中のイチゴ（模型）の様子を観察した結果、イチゴ（模型）の飛び跳ねがホール型容器でのみ認められ、ホール型容器における損傷発生の一要因であると考えられた。また、ホール型容器と宙吊り型容器とでは、内部で発生した振動の種類に明らかな差が認められ、イチゴの飛び跳ねと何らかの関連があることが示唆された。容器内でのイチゴの飛び跳ね現象について、中村らは共振現象によるものと述べている。しかし、イチゴと容器は形が不均一であるため共振に関与する振動周波数を特定することは難しく、振動周波数および加速度と共振との関連については今後さらに詳細な検討が必要であると考えられた。

青果物の損傷特性や容器の緩衝性を明らかにするための実輸送試験および振動試験は、膨大な試料と時間

を要することが多い。本研究ではイチゴの傷発生要因として玉まわりと容器内に発生する振動特性に着目し研究を実施した。また、容器内発生振動の測定は、イチゴ模型を用いることで簡便で再現性良くデータを取得でき、供試容器に特有の振動特性を把握する方法として有効であると考えられた。今後は本研究で得られた結果を活用し、内装PEフィルムの設計や外装PETの薄肉化など環境負荷軽減型容器の開発に活用することが期待される。

なお、本研究は平成2008~2009年度ふくおかIST産学官実用技術開発事業によるもので、宙吊り型イチゴ容器は共同研究機関である大石産業株式会社より商品名「ゆりかーご」で販売されている。

引用文献

- 小林こずえ(2011) 果物をはこぶー積荷に優しいトラックの開発ー. 日本機械学会誌114: 174-175
- 車 政弘・安武正剛・大石高也・折野太陽・馬場紀子・宮崎良忠・松本 亨(2010) 福岡県産イチゴ「あまおう」の長距離輸送用パッケージデザイン開発. 日本デザイン学会研究発表大会概要集57: 228-229
- 中村 宣貴・梅原仁美・岡留博司・中野浩平・前澤重禮・椎名武夫(2007) 振動周波数及び振動方向がイチゴ果実の損傷に及ぼす影響. 農業施設38(2): 101-108
- 中村 宣貴・梅原仁美・根井大介・岡留博司・石川 豊・中野浩平・前澤重禮・椎名武夫(2008) 包装条件の違いがイチゴ果実の損傷に及ぼす影響. 農業施設39(1): 1-8
- 中村 怜之輔・今永 孝・伊藤卓爾・稲葉昭次(1986) 振動によるトマトとナシ果実の有機酸含量の変化. 園学雑55(1): 99-103
- 岡本 朗(2011) 輸送における振動衝撃を再現する試験技術の構築. 日本包装学会誌20: 85-92
- 多々良 泉・辻 聡宏・御厨初子・田中政信・劉 蛟艶・小島孝之・太田英明(1999) 輸送過程で発生する振動がイチゴの呼吸速度および品質に及ぼす影響. 日本保蔵科学会誌25: 15-20
- 堤 智博・山下純隆・大森 薫(2005) イチゴ「あまおう」の品質特性(第1報) 収穫時期, 着色程度別の果実品質. 福岡農総試研報24: 1-4