

オウトウ輸出時に荷物が受ける衝撃力と緩衝効果

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	石川,豊 北澤,裕明 高橋,和博
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	38巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 135-140
発行年月	2012年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



オウトウ輸出時に荷物が受ける衝撃力と緩衝効果

石川 豊^{*1§}・北澤裕明^{*1}・高橋和博^{*2}

^{*1} (独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

^{*2} 山形県農業総合研究センター園芸試験場

Reducing Shock to Cherry Cargoes during Export

ISHIKAWA Yutaka^{*1§}, KITAZAWA Hiroaki^{*1} and TAKAHASHI Kazuhiro^{*2}

^{*1} National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization,
2-1-12 Kannondai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8642

^{*2} Horticultural Institute, Yamagata Integrated Agricultural Research Center,
423 Shima, Sagae-shi, Yamagata 991-0043

A method was proposed to reduce the amount of shock experienced by cherry cargos being shipped from Japan's Yamagata Prefecture to Taipei, Taiwan. In this study, cherries were first packaged in 500g plastic containers, which were then loaded into corrugated fiberboard containers two packages per container. A total of 10 such corrugated fiberboard containers were then loaded into a larger corrugated fiberboard packaging container. This packaging style was found to reduce shock acceleration at the very bottom by half as compared to the ordinary shipping method, in which three two-package boxes were fastened together with the help of plastic bands. Consequently, shock-induced damage to the cherries during export was significantly decreased. In addition, we investigated the shock absorbing effectiveness of the selected cushioning material. We determined that five-mm-thick urethane sheeting could decrease shock acceleration at the very bottom by 1/2.4~1/3.7 and that adding additional sheets could decrease the shock even further. However, we also found that the sheeting other than one at the bottom did not provide sufficient cushioning effects.

(Received May 16, 2011 ; Accepted Nov. 21, 2011)

Key words : acceleration, cherry, cushioning materials, export, packaging

加速度, オウトウ, 緩衝材, 輸出, 包装

わが国の果実生産は、担い手の高齢化や後継者不足、国内市場での少子高齢化による需要の減少等による産地の脆弱化が進む一方、輸入果実の増加による国産果実の市場シェアの縮小、食の安全性確保など新たな対応が求められており、極めて厳しい環境にある。一方、近隣アジア諸国の高い経済成長や富裕層の増大、世界的な日本食ブームの広がりなどを背景に、高品質な日本産果実にとって海外市場は安定した販路の一つとして大きく期待されているところであり、日本政府も農林水産物等の輸出額を平成29年までに1兆円規模にするという目標を掲げている¹⁾。

平成20年における山形県の果実産出額は462億円（全国6位）であり、その中でオウトウ（*Prunus avium*）産出額は233億円、果実全体の約半分を占めている²⁾。一方、

県ではオウトウの販路拡大の1つとして海外輸出を積極的に進めてきた。輸出先は台湾と香港が中心であり、現地では米国産やチリ産の「チェリー」と比べて価格が2倍以上になることから糖度や外観など品質が差別化の重要なポイントとなっている。

しかし、台湾や香港など現地の店頭に並んでいるオウトウの中には輸送中の衝撃により損傷を受けているものも少なくない。青果物の海外への輸送工程においては、国内向けの輸送で想定される^{3)~5)}以上の振動および衝撃が発生することが報告されている⁶⁾ものの、多くの場合、包装形態は国内向けと同じものが使用されているために果実損傷が発生するものと考えられる。したがって、輸出に適した低コストかつ適正な緩衝性能をもつ包装形態を確立することが喫緊の課題といえる。

^{*1} 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

§ Corresponding author, E-mail: yishi@affrc.go.jp

^{*2} 〒991-0043 山形県寒河江市大字島南423

国内輸送におけるオウトウ果実の包装形態にはさまざまなものがある。段ボール箱に直接1kgのオウトウをバラ詰めする方法、500gパックに果柄をそろえて1粒ずつ手詰めし、2パックを1kg用段ボール箱に梱包する方法、バラ詰め500gパック2パックを1kg用段ボール箱に梱包する方法などである。事前に行った予備試験において、段ボール箱にそのままバラ詰めする方法で海外輸送した場合、損傷果発生率が極端に高くなることが明らかとなっている。また、手詰めパックは、損傷果発生率こそ低かったが、作業性やコストを考えると適当ではない。そこで本研究では、バラ詰め500gパック2パックを1kg用段ボール箱に梱包する方法について輸送中の衝撃発生状況の調査を行い、包装形態や包装内の位置の違いによりオウトウが受ける衝撃加速度の違い、さらに緩衝材の効果などについて検討した。

実験方法

1. 試料

供試試料は、2008年6月24日に山形県農業総合研究センター園芸試験場にて収穫したオウトウ‘佐藤錦’の果

実とした。

海外輸送については、収穫後ただちに段ボール詰めした試料をその日のうちに宅配便にて成田空港まで常温配送した。翌25日に通関・検疫を行った後、航空機にて台湾へ配送した。26日に台北の空港に到着し、通関・検疫を済ませ、空港内の低温倉庫に保管した。27日に台北市内の百貨店まで配送し、輸送環境記録計を回収、品質調査を行った。

落下試験については、収穫後ただちに段ボール詰めした試料を宅配便にて茨城県つくば市の研究所まで常温配送し、翌日荷が到着後、10℃に制御したチャンバー内に24時間保存したものを試験に供した。

2. 包装形態

供試した包装形態は以下の2通りである。

- ① オウトウ果実約500gをバラ詰めしたA-PET樹脂製パックを段ボール箱（外寸180×275×75mm）に2パック梱包し（図1(a)）、さらにその段ボール箱を3個積み重ねてポリプロピレン製バンドで結束した（図1(b)）
- ② 外装段ボール箱（外寸310×420×420mm、以下外装

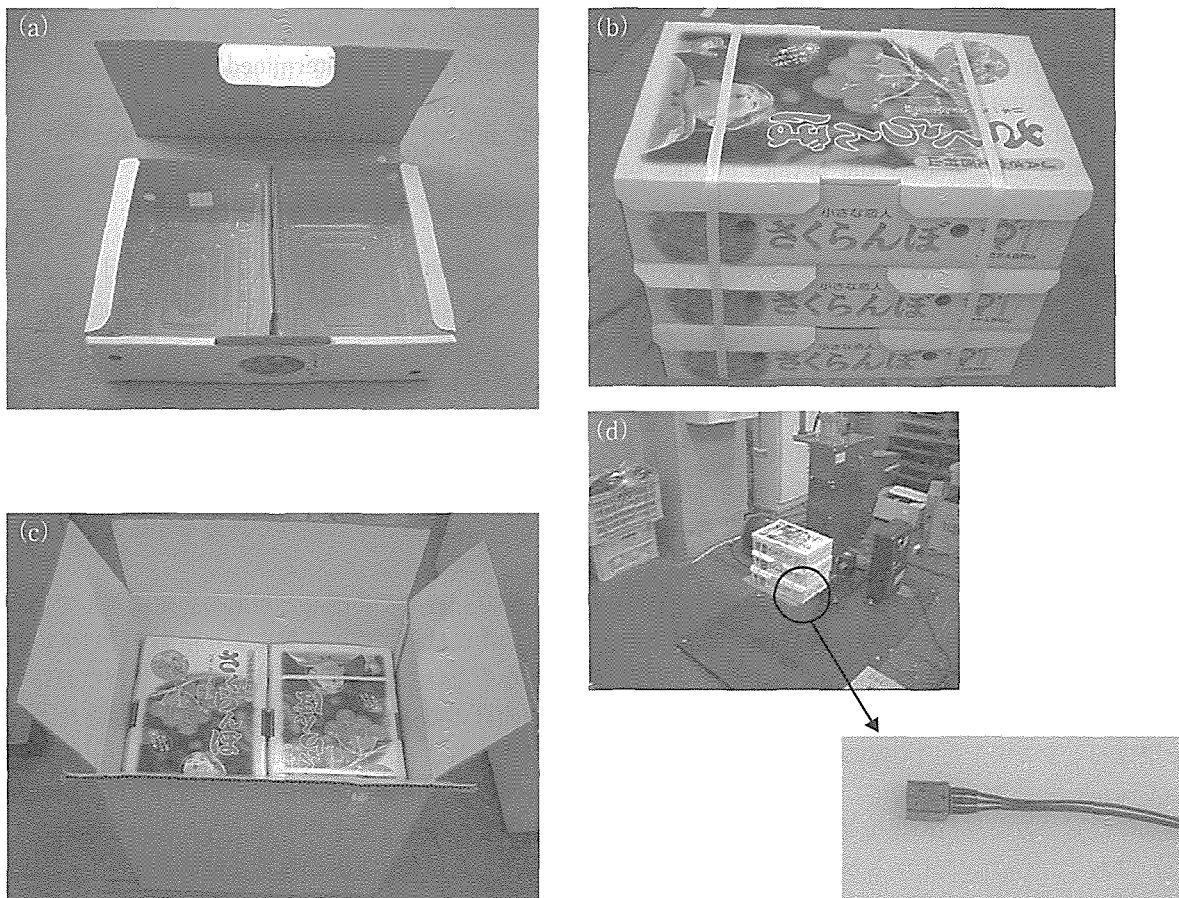


図1 オウトウの包装形態および落下試験

- (a) オウトウを入れる段ボール箱
- (b) (a) 段ボール箱の3段重ね（現行バンド掛け法）
- (c) (a) 段ボール箱10個を外装箱に梱包（外装箱梱包法）
- (d) 落下試験機および3次元加速度センサー

箱)に図1(a)に示した段ボール箱を2列で5段づつ、計10個入れた(図1(c))

3. 海外輸送時の衝撃計測方法⁷⁾

図1(a)段ボール箱内のパックを1個取り除き、そのスペースに輸送環境記録計(Der-mini, 神栄テクノロジー, 寸法130×90×62mm, 重量約800g)を貼り付け、輸送中の振動発生を記録した。記録計の計測条件は、フレーム長:512ポイント, サンプル周期:1.0ms, フィルターモード:PASSおよびデッドタイム:1sとし、トリガレベル設定より2.5G以上の上下・左右・前後3方向の加速度をそれぞれ衝撃として記録した。

4. 落下試験の衝撃計測方法⁷⁾

図1(a)段ボール箱底面および外装箱底面に3次元加速度センサー(2366W, 昭和測器, 寸法8.0×7.0×5.5mm, 重量1.2g)を両面テープで貼り付けた。一定の高さから垂直に荷を落下させるために落下試験機(DTS-50, 神栄テクノロジー)を使って落下時の衝撃加速度を測定した(図1(d))。計測された衝撃加速度を衝撃・振動解析ソフトウェア(SMS-500, 神栄テクノロジー)に入力して3方向合成加速度を算出した。

緩衝材による衝撃軽減効果を評価する試験では、一般的な発泡ウレタンシート(密度15kg/m³, 25%圧縮応力1.85kPa)を用いた。厚さは5mmのものを使用し、1~3枚を段ボール箱内底面とオウトウを入れたパックとの間に配置した。

5. オウトウの損傷評価

損傷評価項目は、損傷発生割合と損傷程度とし、評価方法は高橋ら⁸⁾の方法によった。

損傷発生割合については、図1(b)の包装形態では3箱6パック内にあるすべての試料について損傷発生の有無を評価し、発生割合とした。図1(c)の包装形態では5段のうち上・中・下段に位置する3箱6パックを取り出し、そのすべての試料について損傷発生の有無を評価し、発生割合とした。

損傷程度については、上記損傷発生割合で調査した試料のうち、損傷が発生した果実のみを対象に、

$$\Sigma(\text{損傷指数} \times \text{損傷果実数}) / \text{すべての損傷果実数}$$

損傷指数:軽度を1, 甚大を2

として評価を行った。

結 果

1. 輸送工程における包装形態の違いが衝撃発生に及ぼす影響

一般的な包装形態である1kgオウトウを梱包した段ボール箱を3段重ねた図1(b)と本研究において新たに提案した形態である外装箱に1kgオウトウを梱包した段ボール箱2列、5段で計10箱を入れた図1(c)を用意して同時に山形から台湾・台北まで輸送した。ともに飛行機への積み込み・積み下ろし時、台湾における関税・通関時に大きな衝撃を受けていることが確認された(図

2)。衝撃の大きさを比較すると、図1(b)の包装形態(図2(a))では飛行機積み込み時に22G、台湾での関税・通関時に23G、30Gと大きな衝撃が発生しているのに対し、図1(c)の包装形態(図2(b))では最大でも13Gの衝撃しかなく、外装箱に入れることにより輸送中の衝撃を大きく緩和することができることが明らかとなった。

台湾到着後にオウトウの損傷果を評価した結果、1(b)の包装形態では発生割合が34.3%、損傷程度が1.4であったのに対して、1(c)の包装形態では発生割合が23.3%、損傷程度が1.0であり(表1)、外装箱に梱包することによりオウトウの損傷を低減できることが明らかとなった。この結果は、衝撃加速度の発生状況の結果(図2)とも一致した。

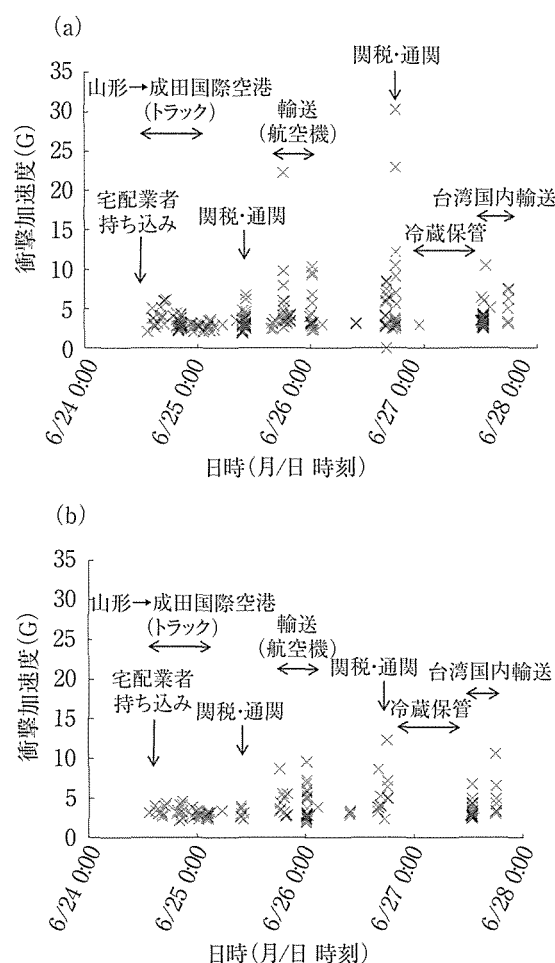


図2 オウトウ輸送工程における衝撃加速度の発生

- (a) 現行バンド掛け法(図1(b))における最下段段ボール箱の底面で発生した衝撃加速度
(b) 外装箱梱包法(図1(c))における最下段段ボール箱の底面で発生した衝撃加速度

表1 包装形態の違いが輸送後の果実損傷に及ぼす影響

包装形態	損傷果割合(%)	損傷程度
現行バンド掛け法(図1(b))	34.3	1.4
外装箱梱包法(図1(c))	23.3	1.0

2. 落下試験による段ボール箱内の衝撃加速度

図2において実輸送条件下では包装形態により発生する衝撃加速度が異なることを明らかにしたが、このデータには輸送中における荷扱いや貨物の積載位置などの違いも含まれており、単純に両者の緩衝性を比較することはできない。そこで、同一高さから荷を落下させ、ともに最下段の段ボール箱底面に設置した加速度計で落下時の衝撃加速度の測定を行った。落下高さ20, 25, 30cmともに図1(c)の包装形態での衝撃加速度は、図1(b)の包装形態の約半分であった。外装箱に荷を入れることにより緩衝性が大きく向上することが明らかとなった(図3)。

図1(c)の包装形態では、外装箱中に段ボール小箱が5段で入っている。高さ20cmから落下させた場合、最下段では169G、3段目では90G、最上段では65Gであり、最下段で衝撃は最大となり上段ほどその値は小さくなった(図4)。また、結果は示していないが、図1(b)の包装形態においても最下段が最も衝撃加速度が大きく、上段ほど小さくなる傾向がみられた。落下高さが25cm, 30cmでも同様に上段ほど衝撃は小さくなった。

段ボール箱内の果実損傷を防止するための方法として、

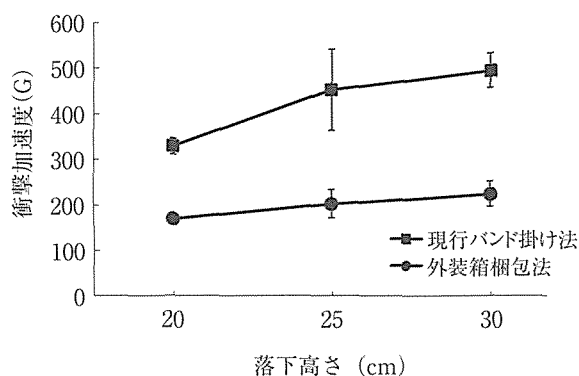


図3 包装形態の違いが落下衝撃加速度に及ぼす影響 (最下段の段ボール箱底面)

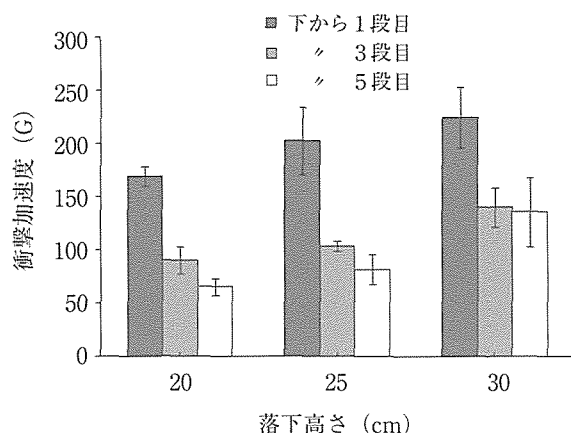


図4 外装箱使用時(図1(c))における段ボール箱位置の違いが落下衝撃加速度に及ぼす影響

果実を1果ずつ保持する窪みをもった発泡ポリエチレン製の緩衝材⁹⁾や果頂部を上にして果柄をパック底面に把持する形態のトレイ¹⁰⁾など多くの方法が考案されているが、いずれも包装容器、さらには包装システム自体を大きく見直さなくてはならず、コスト増、作業効率のダウンなどが予想される。本研究では、最も一般的に使われている緩衝材の一つである発泡ウレタンシートを段ボール箱内底面とパックとの間に配置して、その緩衝特性について計測を行った。20cmの高さから落下させた場合、最下段の段ボール箱ではウレタンシートなしでは衝撃加速度266Gだったものが、1枚敷くと113G(ウレタンなしに比べて1/2.4)、2枚で73G(同1/3.6)、3枚で42G(同1/6.3)と大きく低下することが明らかとなった。さらに落下高さを30, 40cmと高くすると、ウレタンシートなしに比べて1枚で1/3.7~1/4.0、2枚で1/5.9~1/6.7、3枚で1/10.5~1/10.8となった(図5)。

図1(b)の包装形態において上段と下段それぞれの段ボール箱にかかる衝撃加速度を比較した結果、明らかな違いが認められた(図6)。上段では、ウレタンシートなしのもので下段に比べて衝撃加速度が約半分と低かった。しかし、ウレタンを配置することによる緩衝効果

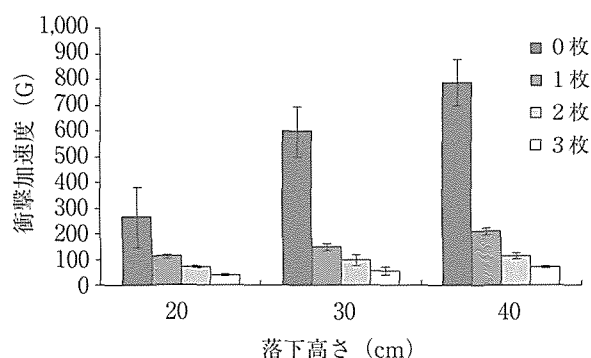


図5 現行バンド掛け法(図1(b))最下段の段ボール箱底面においたウレタンシートの枚数が落下衝撃加速度に及ぼす影響

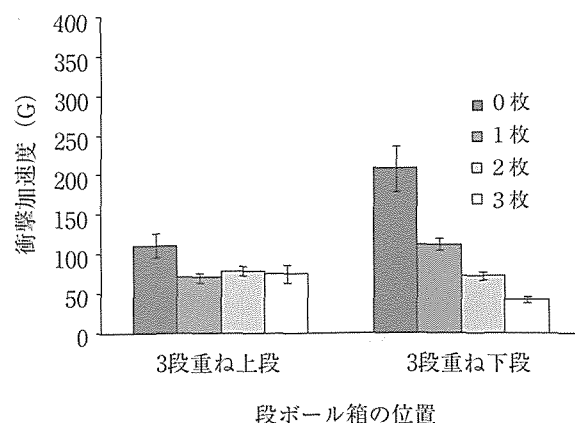


図6 現行バンド掛け法(図1(b))における段ボール箱の位置がウレタンシートの緩衝性に及ぼす影響

は小さく、ウレタンを3枚重ねてもウレタンなしのものに比べて20~30%小さくなるだけの効果しか認められなかった。

考 察

国内においてオウトウはさまざまな包装形態により流通されている。その中で代表的なタイプの一つが、果実約500gを入れたA-PET樹脂製パックを段ボール箱に2パック梱包したものである(図1(a))。一般的には、これを3箱程度まとめてポリプロピレン製バンド等で結束して流通している。国内輸送においては、この包装形態で特段の問題は指摘されていないが、同じ包装形態で海外への輸送を行った場合、非常に多くの損傷果が発生することが報告されている⁶⁾。現状において取扱量が国内流通に比べて圧倒的に少ない海外向けに段ボール箱のサイズや原紙の種類、段の構成等を変更して新たな包装形態を提案することは難しい。そこで現状の包装形態を大きく変更することなく有効な緩衝性を持たせることを前提として本研究を行った。

外装箱を使って1kg箱を10個まとめた包装形態(図1(c))では、従来の包装に比べて損傷程度を軽減することができた。この原因としてはまず、外装箱底面の段ボールが緩衝材の役割を果たしたことや荷の重量が増えたことにより落下時の跳ね返りが減ったことなどにより落下時の衝撃が半減したことがあげられる。さらに、輸送中の荷物取り扱いの現状は、国内輸送においては集配施設などでの荷扱い時に大きな衝撃が発生すること¹⁾、海外への航空機輸送時には航空機への積み込み・積み下ろし時に大きな衝撃が発生すること⁶⁾などが報告されている。荷のサイズを大きく、重くすることにより荷扱い時の放り投げに代表される手荒な取り扱いを防ぐことができたことも衝撃を低減する要因になったものと考えられる。

段ボール箱を数段重ねて輸送する場合、箱の位置により衝撃の大きさ、果実の損傷程度に違いがあることが報告されている⁷⁾。下段であるほど衝撃は大きく、上の段になるほど衝撃は小さくなる傾向がみられた。特に最下段が際立って大きな衝撃を受けることが明らかとなった。これは、上段の箱については最下段の段ボール自体が緩衝材の役割を果たすためであると考えられる。また、外装箱に入れることで最下段の衝撃は小さくなったが、それより上の段については外装箱による緩衝効果はあまりみられなかった。

次に比較的簡単に果実の受ける衝撃を軽減できる方法として一般によく使われている発泡ウレタンシートの挿入を行った。枚数が増えるほど衝撃を吸収して衝撃加速度が小さくなり、5mm厚1枚で1/2.4~1/3.7となった。これは、5mm厚のウレタンシートを1枚入れることで40cmの高さから落下させた際の衝撃を20cmの高さからの衝撃程度に軽減できることを示している。また、ウレ

タンの厚さが薄い場合には落下時に緩衝材の上に乗っている荷の重量で緩衝材がつぶれて荷が底に衝突する、いわゆる‘底付き’が懸念されたが、オウトウ重量が500gと軽量でありかつバック底面に突起もないため、5mm厚でも底付きはなく、十分緩衝効果があることが確認できた。

発泡ウレタンシートの緩衝効果が最下段の段ボール箱では十分にすることが確認できたが、3段目ではほとんどないことがわかった。これは下段に配した段ボールの緩衝効果により衝撃加速度がかなり緩和されているため、上段の段ボール箱にウレタンシートを配してもそれ以上の緩衝効果は得られなかったためであると考えられる。

要 約

本研究によりオウトウの海外輸送を行う際の衝撃軽減効果について明らかにすることができた。オウトウ500gを詰めたパック2つを入れた段ボール箱を3つ梱包した形状に比べて外装箱に2列5段、計10箱梱包した形状にすることで最下段の段ボールにおいて落下時の衝撃加速度をほぼ半分程度に軽減することが可能となり、実輸送時のオウトウ損傷程度も大きく改善できることが明らかとなった。

発泡ウレタンシートを段ボール箱底面に配して緩衝効果を確認した。最下段の段ボールでは、5mm厚1枚で衝撃加速度を1/2.4~1/3.7にすることができ、2、3枚とシート枚数を増やすことでさらに衝撃を小さくできることが明らかとなった。しかし、上段の段ボール箱ではウレタンシートの緩衝効果は小さかった。

文 献

- 1) 農林水産省：農林水産物・食品の輸出促進対策の概要〈www.maff.go.jp/j/export/pdf/taisaku.pdf〉(2010)
- 2) 農林水産省：生産農業所得統計〈<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001068083>〉(2010)
- 3) 岩元陸夫・河野澄夫・早川 昭：青果物輸送の等価再現化に関する研究(第1報)―多段積載時の段ボール箱および内容レタスの振動特性ならびに損傷性―，農機誌，39，343~349(1977)
- 4) 岩元陸夫・河野澄夫・早川 昭：青果物輸送の等価再現化に関する研究(第2報)―損傷度の定義と輸送シミュレーション時の加速度レベルの設計―，農機誌，40，61~67(1978)
- 5) 岩元陸夫・河野澄夫・早川 昭：青果物輸送の等価再現化に関する研究(第3報)―損傷に影響する振動衝撃加速度パワースペクトルの評価―，農機誌，42，369~374(1980)
- 6) ISHIKAWA, Y., KITAZAWA, H. and SHINA, T. : Vibration and shock analysis for fruit and vegetables transportation—Cherry transport from

- Yamagata to Taiwan by airplane-, *JARQ*, **43**, 129～135 (2009)
- 7) 北澤裕明・石川 豊・路 飛・胡 耀華・中村宣貴・椎名武夫：イチゴ輸送中の衝撃解析と損傷発生予測, 園学研, **9**, 221～227 (2010)
- 8) 高橋和博・中條誉志幸・小野寺玲子・伊東良久・石川 豊・中村ゆり・羽山裕子：オウトウ輸出における荷傷み防止方法, 東北農業研究, **63**, 105～106 (2010)
- 9) 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：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**, 1～8 (2008)
- 10) 紺屋朋子・大森定夫：イチゴの包装装置の開発（第1報）—果柄把持トレイを対象とした選別・トレイ詰め試験装置—, 農機誌, **72**, 80～85 (2010)
- 11) 斎藤勝彦・久保雅義・劉 剛：宅配便で輸送される荷物が受ける衝撃力の実態, 日本包装学会誌, **7**, 23～33 (1998)
- (平成23年5月16日受付, 平成23年11月21日受理)
-