

イチゴ流通におけるリユース輸送容器の優位性及び 輸送用ラックの損傷低減効果に関する研究

尾 碕 亨*・樋 元 淳 一**

A Study of Superiority in Rusable Transport Packaging and Effect on Decreasing of Damage by Transport Ruck in Logistics of Strawberry

Toru OZAKI and Junichi HIMOTO
(Accepted 1 February 2011)

— 目 次 —

はじめに

はじめに

- I イチゴ輸送包装容器におけるリユース容器の優位性に関する経済的分析
 - 1. 目的と方法
 - 2. 北海道におけるイチゴの生産・流通概況
 - 2-1 北海道のイチゴ生産動向
 - 2-2 北海道産イチゴの流通動向
 - 3. イチゴの産地物流費の比較分析—JA よいちを事例として
 - 3-1 JA よいちのイチゴ生産・流通概況
 - 3-2 イチゴ流通におけるリユース容器の利用状況
 - 3-3 イチゴの物流調査概要
 - 3-4 イチゴ産地物流作業時間の比較分析
 - 3-5 イチゴ産地物流費の比較分析
 - 4. まとめ
- II イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果に関する研究
 - 1. 目的
 - 2. 実験方法
 - 2-1 イチゴの損傷度評価法の確立
 - 2-2 振動試験機を用いた模擬輸送試験
 - 2-3 輸送試験
 - 3. 結果と考察
 - 3-1 イチゴの損傷度評価法の確立
 - 3-2 振動試験機を用いた模擬輸送試験
 - 3-3 輸送試験
 - 4. まとめ

わが国の青果物流通における輸送包装容器は、現在でも段ボール箱（年間約 20 億個）が中心である。経済性や効率性のみ追求が許された 20 世紀では、段ボール箱は、青果物流通の輸送包装容器の優等生であった。しかし、21 世紀を迎え、地球温暖化や廃棄物問題などの環境問題に対応した取り組みは、社会的にも関心の高い事項となっており、廃棄物縮減の観点から流通容器においても 3 R（効果が高い順に、①リデュース（廃棄物の発生抑制）、②リユース（再使用）、③リサイクル（再資源化））を総合的に推進することが求められている。こうした中、青果物流通においても、資源や環境に配慮した「省資源型循環物流」に転換するため、これまでの段ボール箱を中心としたワンウェイ容器から、レンタル+デポジット（保証金）方式という新しい紛失防止システムを採用した、何度も繰り返し再利用（リユース）可能なリユース容器の導入が進みつつある。ただ、リユース容器は廃棄物の縮減効果だけでなく、物流費削減や品質保全などにおいても、リサイクルより優位であるにもかかわらず、その優位性がほとんど認知されていない状況にある。

そこで、本研究は、イチゴを対象として、リユース容器の優位性について、第 1 にイチゴ輸送におけるリユース容器の優位性に関する経済的分析、第 2 にイチゴ輸送用ラックの損傷低減効果に関する研究の 2 つの視点から解明することを目的とする。前者のリユース容器の優位性に関する経済的分析と取りまとめは、尾碕が、後者の輸送用ラックの損傷低減効果の解明と取りまとめは、樋元が担当する。今回

* 酪農学園大学酪農学部食品流通学科物流科学研究室

Department of Foods Distribution, Food Logistics and Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu Hokkaido, 069-8501

** 酪農学園大学酪農学部食品流通学科食品流通技術研究室

Department of Foods Distribution, Food Distribution Technology, Rakuno Gakuen University, Ebetsu Hokkaido, 069-8501

のイチゴの調査においては、JA よいちの及び札幌丸果株式会社の多大な協力を得て実施した。急なお願いにもかかわらず快く調査に協力して頂いた JA よいちの内矢部長やイチゴ生産者の大畑様、札幌中央卸売市場にある札幌丸果株式会社の伊藤様には、この場を借りて心からお礼と感謝を申しあげる。

I イチゴ輸送包装容器におけるリユース容器の優位性に関する経済的分析

1. 目的と方法

近年、青果物流通においても、省資源・環境への負荷軽減が求められている。イチゴ流通の輸送包装容器として、これまで段ボール箱がおもに利用されてきた、近年、段ボール箱だけでなく、何度も繰り返し使えるリユース容器を利用した流通が見られるようになってきた。

また、「21世紀新農政2006」(平成18年4月食料・農業・農村政策推進本部決定)では、国内農業の体質強化に向けた取り組みの1つとして、「食料供給コスト縮減に向けた強力な取組」が位置付けられ、スピード感を持って推進していくこととされた。食料供給コストの縮減については、5年で2割の縮減を目標として、生産から流通の両面における取り組みを、聖域を設けずに強力に推進することとされた。これを受け、当面の取り組みとして「食料供給コスト縮減アクションプラン」が平成18年9月にとりまとめられた。このプランにおいては、青果物の流通にリユース容器を本格的に普及していくことが、「物流の効率化」や「集出荷コストの低減」「鮮度・品質の保全」「環境への配慮」といった観点からさまざまなメリットを生み出す有効な手段として位置付けられている。このような優れた特性を持つリユース容器は、これまでも生産・流通といったさまざまな立場から普及のための取り組みが行われてきたが、リユース容器に関する研究の遅れもあり、その優位性が十分理解されず、利用や普及も一過性のものとして十分な広まりを見せないまま終結してきた。そのため青果物の流通におけるリユース容器普及は、全体の5% (約1億個：2009年)程度と推定され未だ低位に止まっている状況にある。しかし、先述のコスト縮減プランでも青果物の流通においてリユース容器を本格的に普及していくことが位置付けられており、こうした現状を踏まえると、今後、一層リユース容器を普及・拡大・定着させるためには、リユース容器の優位性に関する研究は、極めて重要であり早急に究明する必要があると考える。

そこで本稿では、環境対応型包装資材すなわちリ

ユース容器の優位性について経済学的視点から考察する。

特に本稿では、リユース容器の優位性について、イチゴを対象として段ボール箱との比較分析によりおこなう。リユース容器の優位性を解明するため、イチゴを実際にリユース容器と段ボール箱で輸送させる実証試験よりおこなった。今回の実証試験は、北海道内で生産されているイチゴを対象とした。実証試験には、JA よいち及び札幌中央卸売市場の卸売会社である札幌丸果株式会社の協力を得て実施した。

以下では、まずイチゴ生産・流通の現状について考察したのち、リユース容器と段ボール箱のイチゴ物流の実証試験およびヒアリング調査で得られたデータを解析し、リユース容器の優位性について考察する。

2. 北海道におけるイチゴの生産・流通概況

2-1 北海道のイチゴ生産動向

(1) 作付面積・収穫量

近年、わが国の農業生産は、農業生産者の高齢化、後継者の減少など厳しい生産環境にある。こうしたなか、イチゴの作付面積は全国的に減少傾向にある。昭和55年には、イチゴの作付面積は11,900 haであったが、年々減少し、平成19年には6,580 haと半分近くまで作付面積が減少してきている。また、収穫量も平成2年の21.7万tをピークに減少傾向にあり、平成19年には、19.1万tとなっている(図1)。

北海道におけるイチゴの生産に関しても同じ傾向にある。すなわち、北海道のイチゴ作付面積は、昭和55年には、586 haであったが、年々減少し平成19年度では217 haとなり、55年に比して半分以下にまで減少してきている。ただ、北海道のイチゴ収穫

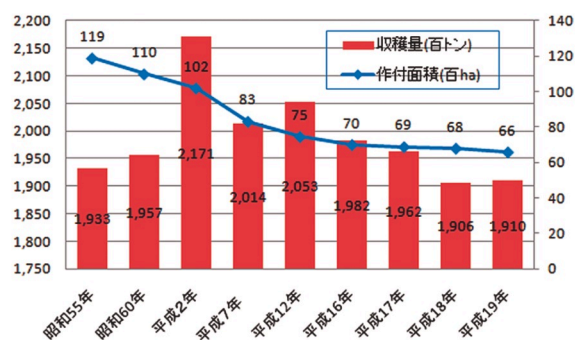


図1 イチゴの生産動向(全国)

資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

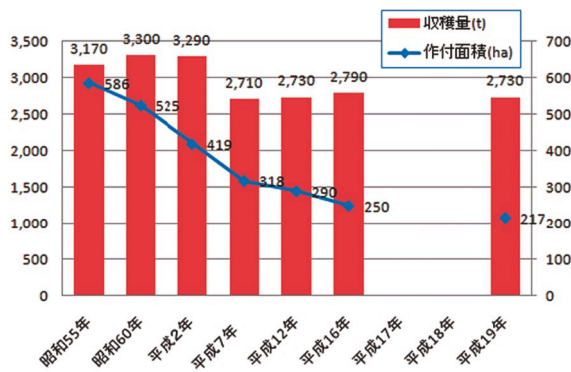


図2 イチゴの生産動向 (北海道)
資料: 「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会より作成。

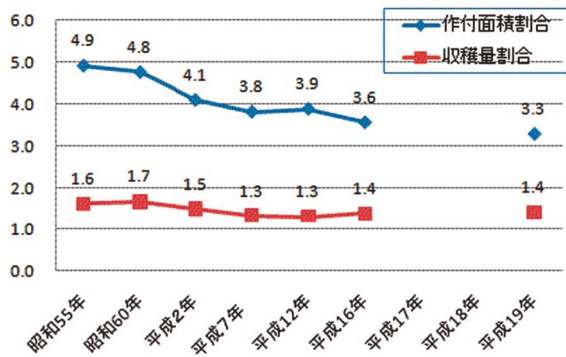


図3 全国に占める北海道イチゴ生産割合 (%)
資料: 「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会より作成。

量は、作付面積の減少にともない減少傾向にはあるが、平成7年以降は横ばいの状況にあり、平成16年2,790t、平成19年2,730tとなっている(図2)。また全国生産に占める北海道のイチゴ生産の割合は数パーセントと少ない。平成19年で作付面積3.3%、収穫量1.4%である(図3)。

(2) 生産地域・栽培施設

北海道の主要なイチゴ生産地域(市町村)としては、豊浦町(9ha, 121t)、余市町(9ha, 72t)、北斗町(7ha, 125t)、中富良野(6ha, 65t)などがあげられる。今回、調査をおこなったJAよいちのある余市町は作付面積では、道内1位、収穫量では第3位である(図4)。

北海道のイチゴ生産では、栽培施設を利用した生産も多くでおこなわれている。栽培施設には、ガラス室・ハウス施設とトンネル栽培とがあり、以前はトンネル栽培による生産も多かったが、近年ではガラス室やハウス施設による栽培が中心となっている。平成19年度では、栽培延べ面積で110.3haが栽培施設を利用してイチゴの生産をおこなっている。

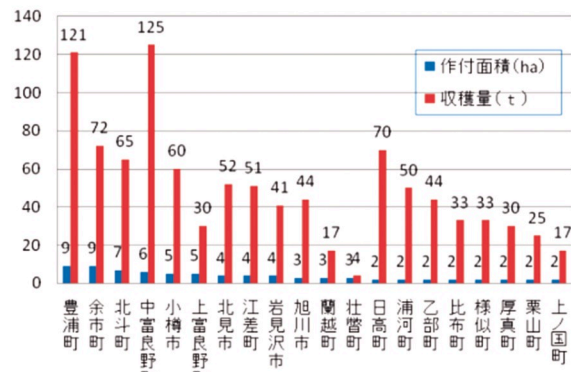


図4 北海道のイチゴ生産地域
資料: 「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会より作成。

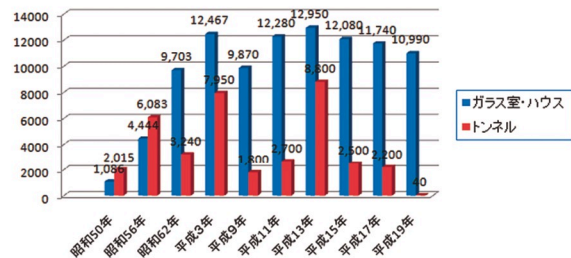


図5 イチゴ栽培用施設における栽培延べ面積の推移 (a)
資料: 「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会より作成。

そのうち、ガラスまたはハウス栽培が109.9ha、トンネル栽培は僅か40aである(図5)。

(3) イチゴの品種

近年、イチゴの品種と言えば、「とちおとめ」や「さがほのか」などが有名であるが、北海道ではそれほど生産されておらず、「とちおとめ」が7.2ha、「さがほのか」が6.3ha程度である。北海道で生産されているイチゴの品種として最も多い品種は、「けんたろう」

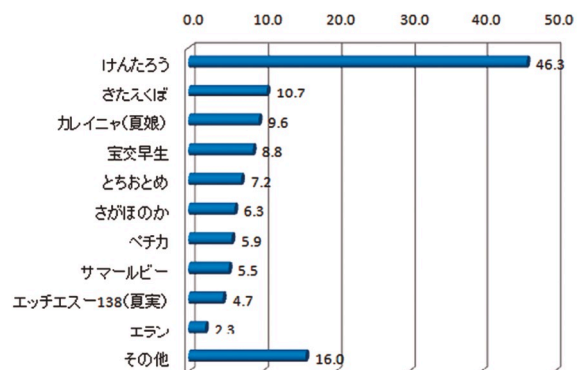


図6 品種別作付面積 (ha)
資料: 「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会より作成。

ろう」と言われる品種である。「けんたろう」は、北海道（農業試験場）で開発された品種である。現在、道内では、「けんたろう」が46.3haで生産されている（図6）。

今回、調査を実施したJAよいちのイチゴの品種も「けんたろう」であった。第2位は「きたえくぼ」の10.7haとなっている。

2-2 北海道産イチゴの流通動向

全国的に見ると、イチゴの主要な出荷販売期間は、通常11月に始始め翌年の3月をピークとし、5・6月までの販売となっている。それに対し、北海道産イチゴの場合は、4月に始始め、本州産の販売が減ってくる5・6月をピークとした販売をおこない7月までとなっている。

イチゴは、その商品特性もあり、他の青果物に比べ流通範囲も限られるが、北海道で生産されるイチゴも2,700t程度と生産量も少ないこともあり、流通範囲も道内を中心とした販売となっている。

そこで、まずイチゴの流通動向として、札幌中央卸売市場（以下札幌市場と略）におけるイチゴの取り扱い状況を見ておく。札幌市場でのイチゴ取り扱いの主要期間は、11月に始まり翌年の3月をピークとして6・7月までとなっている。北海道産イチゴは、道外産の取り扱いが減ってくる4月から5・6月を中心に7月までが主要な取扱期間となっている（図7）。特に道外産が減ってくることもあり、5月からは札幌市場での道内産の取り扱い割合も増え、道産イチゴの最盛期である6月では市場でのイチゴ全取り扱いの79.7%が道内産となっている。7月もイチゴの取り扱いの絶対量が少ないこともあり、91.7%が道内産イチゴで占められている。イチゴの主要販売期間が終わる8月以降も道内産イチゴは、

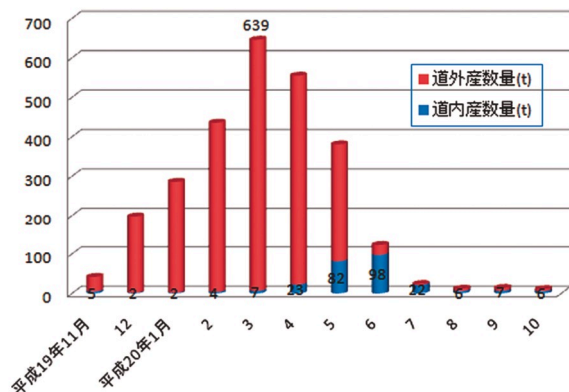


図7 札幌市場における道内産イチゴの取扱い
資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

生食用だけでなく業務用などを継続的に販売しており、絶対量は少ないが市場での道内産イチゴ取り扱いシェアは5割前後を占めている（図8）。

以上からわかるように、札幌市場における道産イチゴの取り扱い（ワンシーズン：11月から翌年の10月）は、イチゴ取り扱い全体に占める割合は僅か9.7%と1割程度と僅かであるが、道外産の取り扱いが減少する時期やイチゴの端境期を狙った販売戦略により市場で一定のシェアを確保していることがわかる。そうした販売戦略にもより、道産イチゴの販売価格は、12月を除けば、道内産価格(円/kg)が道外産に比べ高価格で取引されており、全体量では道内産イチゴの取り扱いが少ないとは言え、道内産の販売戦略や品質の優位性により、市場では一定の高い評価を得ていると思われる。

北海道産イチゴの流通範囲は、これまでほとんどが道内中心であったが、近年、僅かではあるが、道外への販売が増える傾向にあり、平成20年には55t、平成21年は62tが道外に販売されている（図9）。そこで、道外の流通動向として東京市場での道産イチゴの取り扱い状況を見ておく。東京市場におけるイチゴの取り扱い全体は27,934tあり、そのうち道産イチゴは僅か43tである。これは道外販売全体の約7割を占めており、この数値から判断して、道外

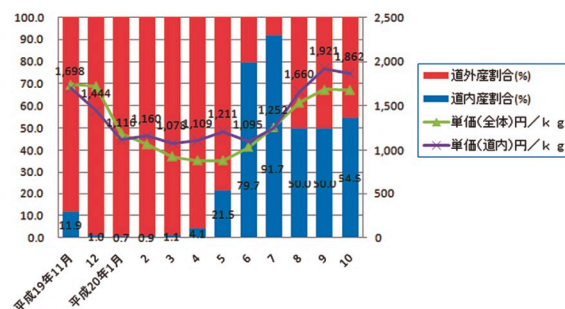


図8 札幌市場における道内産割合及び販売価格
資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

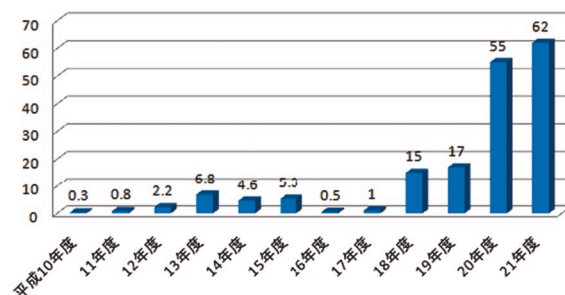


図9 道産イチゴの道外出荷実績 (t)
資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

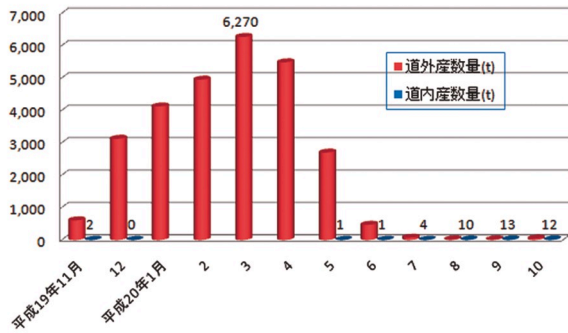


図10 東京市場における道産イチゴの取扱い

資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

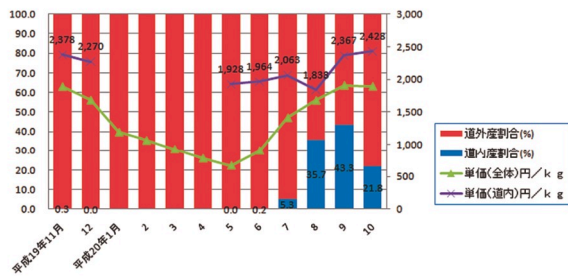


図11 東京市場における道産イチゴ取扱い割合及び販売価格

資料：「北海道野菜地図 平成21年」北海道農業協同組合中央会、ホクレン農業協同組合連合会より作成。

販売のほとんどが東京市場への出荷と思われる。東京市場における道産イチゴの取り扱いも、イチゴの取り扱いが減ってくる5月から始まる。東京市場での道産イチゴの販売は、8・9・10月を中心に業務用が多いと思われるが、毎月10t程度が販売されている(図10)。この時期は、イチゴ販売の端境期でもあり市場でのいちご取り扱いの絶対量も少ないため、道産イチゴの市場取り扱い割合も4割前後を占めている(図11)。そのためか取扱量は少ないが、販売価格は、道外産に比べ高い価格で取引されている。

大阪市場や名古屋市場においても、取扱量は僅かではあるが東京市場と同様、端境期を中心に取り扱いがされている。

3. イチゴの産地物流費の比較分析—JA よいちを事例として

3-1 JA よいちのイチゴ生産・流通概況

(1) JA よいち

今回、イチゴの物流調査をおこなったJA よいちは、北海道の札幌市から西に約60km、日本海に面した余市郡余市町にある(図12)。道内では、「フルーツの里よいち」とも言われており、りんごやぶどうをはじめとする高品質な果物が生産されているとこ



図12 JA よいちの位置

資料：JA よいちホームページより。

ろとしても有名である。

平成21年度のJA よいちの組合員数は、627名(うち正組合員440名、準組合員187名)、組合員戸数610戸(うち正組合員430戸)、青果物の年間販売高は730,336千円(全体：2,000,060千円)となっている。

(2) イチゴ生産・販売

JA よいちのイチゴ生産農家は、平成21年度で13戸である。5年前より3戸増えた程度である。

イチゴの栽培品種は、平成14年から「けんたろう」と言われる品種を生産している。それ以前は、「宝交」という品種であった。「けんたろう」の導入理由としては、JA 担当者によれば、①酸味が少ない、②味がよい、③大玉、③棚持ち・日持ちがよい、④色を付けてから収穫可能(宝交は、粒が柔らかく棚持ちが悪いため、粒が白いときに収穫)などによることである。

JA よいちの生食用イチゴの販売は、4月中旬から6月上旬までの約2ヶ月間である。「けんたろう」以外には業務用のイチゴを生産している農家もある。イチゴの販売量は、例年平均23~25t程度であり、平成20年度は23.1tであった(図13)。

JA よいちのイチゴの販売先は、全て市場向けに販売されている。出荷販売先は、全体の84%の大部分が札幌中央卸売市場(札幌丸果卸売会社)となっている。それ以外の販売先としては、道内では帯広市場が5%、道外の販売先としては大田市場(東一)

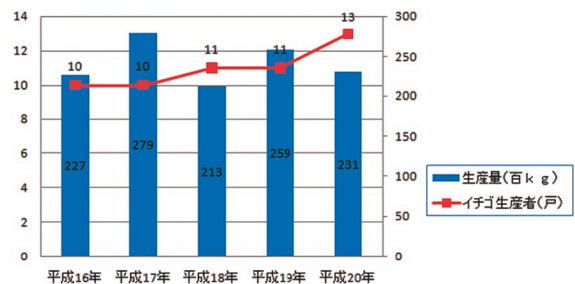


図13 JA よいちのイチゴ生産

資料：JA よいちでのヒアリング調査より作成。

が9%となっている(図14)。

JA よいちのイチゴ出荷包装形態についてみると、まず生食用の輸送包装容器としては、段ボールとリユース容器が利用されている。個装容器としては、パックとトレーが使用されている。パック詰めには、2段詰めと1段詰めとがある。2段詰めパックの販売先は、札幌丸果、帯広丸中、帯広三一の3卸売会社に販売している。パック1段詰めは、量は少ないが東一と札幌丸果(平成21年度より)に販売されている。トレー容器は数種類有り、全て定数詰めである。ただ、トレーは業務販売用として利用されている。生食用は、全てパック詰めで販売している。

生食用の輸送包装容器の入り数は、段ボール箱の場合は、2段詰めまたは1段詰めパックとも1段ボール箱に4パック入り5段重ねを1行李(20パック)として販売している。リユース容器の場合は、1ケース20パック入りで販売している。またリユース容器の流通は、商物分離となっており、商流は札幌丸果経由であるが、物流は産地から直接、札幌卸売市場の仲卸会社(森哲)の市場外にある温度管理可能な配送センターに入れられる。センターに納入されたリユース容器入りイチゴは、そのごセンターからセブン&アイの店舗に配送されている。

業務用の輸送包装容器は、全て段ボール箱での販売であり、1段ボール箱に2トレー入り5段重ねを1行李として東一と帯広三一の2社に販売している。

JA から販売先までの運賃は、輸送包装容器や個装容器の種類、販売先によって異なっている。今回、実証試験をおこなったダンボール箱(2段詰めパック)の場合は、札幌市場まで1行李当たり252円、帯広市場までは404.5円である。リユース容器の場合は、1ケース当たり札幌市場まで247.8円である。

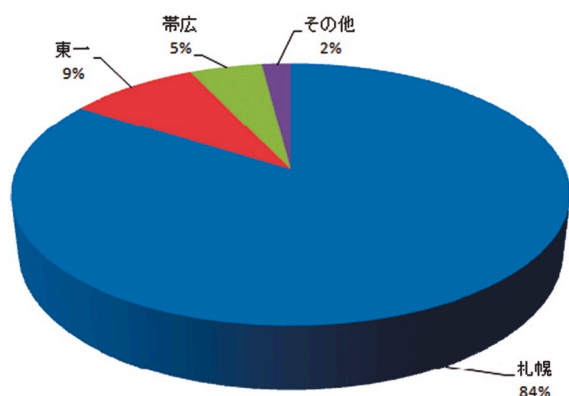


図14 イチゴの販売先割合
資料：JA よいちでのヒアリング調査より作成。

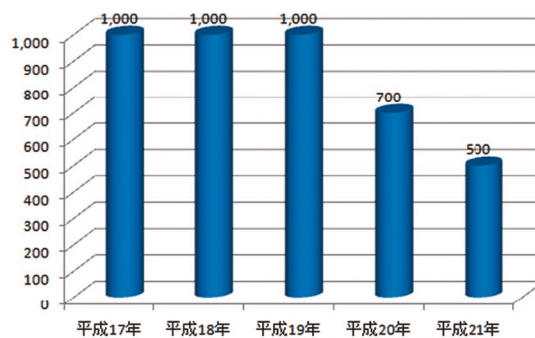


図15 リユース容器の利用数(ケース)
資料：JA よいちでのヒアリング調査より作成。

(3) リユース容器

JA よいちでのイチゴリユース容器の使用は平成17年からスタートした。平成17年から19年までは、毎年1,000ケースがリユース容器を利用して出荷販売されていたが、平成20年700ケースと平成21年は500ケースと近年減少傾向にある。ただ現場担当者によれば、量販店のリユース容器使用の要望が増えてきており、今後は増えていくとのことであった(図15)。

イチゴ以外のリユース容器の使用としては、ミニトマト(出荷販売：7月から8月、8~9kg以上のバラ詰め、年間800から1,000t)で1,000ケース程度使用し、本州に販売されている。

3-2 イチゴ流通におけるリユース容器の利用状況

青果物流通においても徐々にではあるが、青果物の輸送包装容器として段ボール箱に代わりレンタル方式のリユース容器の利用が増大しつつある。平成21年度には約9千万ケースのリユース容器が青果物の輸送包装容器として利用されている。

リユース容器は、さまざまな青果物で利用されているが、イチゴでのリユース容器の利用は、早くから利用され、その利用量も青果物のなかでもかなりの利用数となっている。

特にI社は、わが国の青果物流通にリユース容器を初めて導入した企業であると同時に、イチゴラックの開発を通じイチゴにリユース容器を導入した先駆の企業でもある。

I社におけるイチゴのリユース容器利用量を見ると、年々増大傾向にあり、平成22年度には、イチゴだけで約230万ケースが利用されている(図16)。現在、レンタル方式のリユース容器の貸し出しをおこなっている主要な企業は2社あり、同量利用されていると仮定して単純に2倍すると約500万ケースの



図 16 イチゴのリユース容器利用数 (I 社の場合)
資料：I 社資料より作成。

リユース容器がイチゴで利用されていることになる。

現在、青果物流通におけるリユース容器の利用は、紛失管理や回収の問題もあり市場外流通での利用が多い。ただ、大都市周辺のリユース容器の回収拠点が整備されている卸売市場ではリユース容器の利用が増大傾向にある。

JA よいち産イチゴも出荷販売されているが、いち早くリユース容器の回収拠点の整備に取り組んだ大田市場にある東京青果株式会社 (東一) におけるリユース容器の取り扱いについて見ておくことにする。

いち早くリユース容器の回収拠点の整備に取り組んできた東一でも、近年、リユース容器の取り扱いが増大傾向にあり、平成 18 年の約 94 万ケースから平成 20 年には約 113 万ケースとなっている (図 17)。

東一での青果物取り扱いにおけるリユース容器の利用は、さまざまな品目で利用されている。青果物のなかで、特にリユース容器の利用が多い品目としては、やはりイチゴでの利用が最も多い。平成 20 年では、イチゴだけで約 31.4 万ケースのリユース容器が取り扱われている (図 18)。第 2 位はレタスの約 26

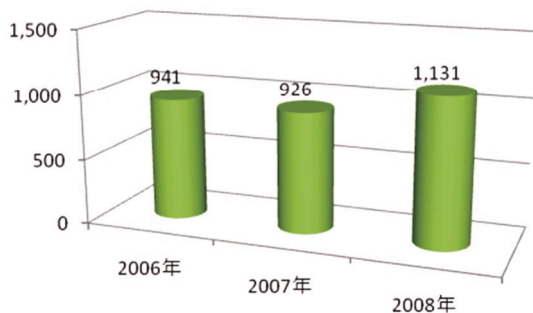


図 17 東一(大田市場)でのリユース容器利用数(千ケース)
資料：東京青果株式会社でのヒアリング調査より作成。

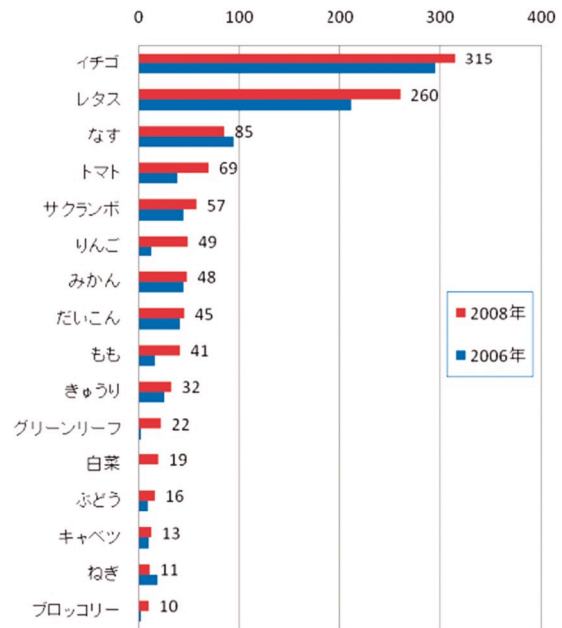


図 18 品目別リユース容器利用数 (千ケース)
資料：東京青果株式会社でのヒアリング調査より作成。
注：リユース取扱いが 1 万トン以上の品目のみである。

万ケース、第 3 位がなすの順となっている。

3-3 イチゴの物流調査概要

今回のイチゴの物流調査は、段ボール箱とリユース容器との 2 つの輸送包装容器形態について、実証試験により物流作業および物流費に関する比較実験をおこなった。

実証試験は、産地から市場 (札幌中央卸売市場) までで実施した。今回の実証試験では、市場以降の調査はできなかった。

最初に実証試験をおこなったイチゴの物流概要を見ておく (表 1)。

今回、イチゴの実証試験は、生産 (収穫) からスタートした。今回、実証試験に協力してくれた O 生産者は、JA よいちのイチゴ生産グループの会長でもある。経営主の O さんは、現在 61 歳で、以前は国鉄 (現 JR) の職員であったが、脱サラし昭和 60 年より余市で農業を始めた。現在、妻の B さんと 2 人で農業に従事している専業農家である。ただし、農業だけでは食べていけないが奥さんの持論である。子供はいるが後を継ぐ予定はないとのことであった。

O さんの経営概況を簡単に見ておくと、今回、協力して頂いたイチゴの生産面積は、6 a (但し、育成を含めると 10 a) である。出荷は、4 月末から 6 月初めまでである。イチゴは、全て個選共販で JA よいちを通して販売している。

表1 イチゴ物流調査概要 (産地から市場)

工程	イチゴ物流作業の流れ
1	畑でイチゴを一粒ずつ手で収穫する
2	イチゴの収穫直後から収穫容器に入れる
3	畑から作業場への移動・荷下ろし
4	パック詰め (レギュラー, L, 25粒)
5	DB 組立/コンテナ組立
6	DB に十字をはめる/コンテナにラックをはめる
7	パックにフィルムでふたをする
8	DB またはコンテナへのイチゴパックを詰める
9	シールを貼る
10	DB に規格の判子押し/コンテナにカード (産地, 規格表示) 差し込み
11	軽トラックへのイチゴの荷積み
12	作業場から JA 集出荷場
13	軽トラックからイチゴの荷下ろし
14	イチゴ検査
15	イチゴの5段でフタをして梱包
16	イチゴトラックへの荷積み
17	JA~途中積み替えまで
18	途中から森哲
19	森哲から札幌市場
20	売り場への荷下ろし

資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

イチゴ以外には、ぶどう(1ha, 出荷：8月末~10月中旬, 生産者グループで販売), さくらんぼ(2a, 規格：L・M・S, パック詰め, 7月~7月下旬), もも(20a, はかまをはかしてDB出荷, 8月中旬~8月下旬), 洋なし(3a, 9月中旬~9月下旬)など果物を中心とした生産をおこなっている。販売は、イチゴ同様JAよいちを通じて販売している。

さて、Oさんのイチゴ栽培は、ハウス施設を利用して生産されている。イチゴの収穫は、早朝4時からスタートした(写真2・3・4・5)。収穫が早いのは、温度が上がるとイチゴが柔らかくなり傷つきやすいため、気温の低い早朝から収穫するためである。

イチゴの収穫は、目視でイチゴの生育状況を確認しながら、手で一粒ずつ収穫する。収穫されたイチゴは、収穫用発泡スチロール箱に入れられる(写真6)。

発泡箱に収穫されたイチゴは、収穫終了後軽トラックに積み込まれ自宅の作業場に運ばれた(写真7)。

作業場では、JAよいち独自のイチゴの規格基準にしたがって、パック詰め作業がおこなわれる(写真8・9)。青果物の中でも、イチゴの規格基準は非常に細かく決められている。近年、規格基準の簡素化が進められてきたが、それでもまだまだ細かく区分されているように思える。今回、調査をおこなったJAよいちのイチゴの「けんたろう」規格基準もかなりのものである(図19)。

「けんたろう」の場合、規格は全部で8区分(4L：35g以上・3L：25g以上・2L：15g以上・L：11g以上・M：9g以上・A：15g以上・S：7g以

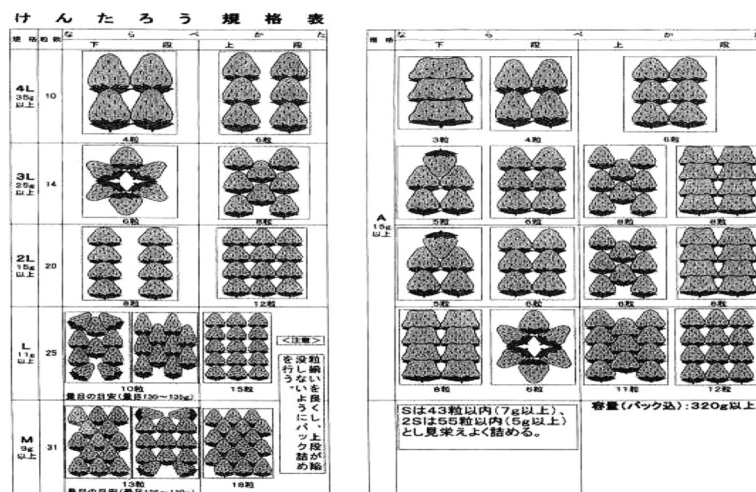


図19 イチゴ規格表(2段詰め)
資料：JA よいちでのヒアリング調査より作成。

上・2 S : 5 g 以上) あり, その規格ごとに 1 粒の重量が決められている (写真 1)。

また規格ごとにパックに入れる総数 (4 L : 10 粒・3 L : 14 粒・2 L : 20 粒・L : 25 粒・M : 31 粒・A : 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20 粒・S : 43 粒以内・2 S : 55 粒以内) も決められている。さらに, 今回調査したイチゴは, 一般によく見られるパックへ 2 段詰めされたイチゴであるが, 下段 (1 段目) と上段 (2 段目) の並べ方と各段の詰め数や並べ方も S と 2 S 以外は, 規格 (4 L : 下段 4 粒, 上段 6 粒・3 L : 下 6 上 8 : ・2 L : 下 8 上 12・L : 下 10 上 15・M : 下 13 上 18・A : 下 3, 4, 5, 6, 8 上 6, 8, 11, 12) ごとに決められている。イチゴ詰めパックの容量は, パック込みで全規格とも 320 g 以上となっている。

以上の規格基準からわかるように, イチゴをパック詰めするためには, 29 通りの詰め方があることになり, 極端に言えば, 最大 29 規格に区分されていると言える。

こうした非常に細分化された規格基準があるため, O さんもイチゴのパック詰めは, 1 粒ごと計量しながらおこなっていた (写真 10)。また, 規格区分が細かいため, 1 回の選別だけでは, パック詰めすることができず, 計量後, まず規格別に分けてひとまとめとし, 一定数がそろったのち, 詰め方によってパックに詰めていくという 2 段階に分けてパック詰め作業をおこなっていた。

パック詰めされたイチゴは, 1 パックずつフィルム (シート) で蓋がされる (写真 11)。

次に, パックを入れるための段ボール箱とリユース

ス容器の組み立てがおこなわれる (写真 12・13・14・15・16)。組み立てられた段ボール箱には仕切りの十字が, リユース容器にはイチゴラックが装着される。

完成した段ボール箱には, 1 段ボール当たりイチゴパックが 4 パックずつ入れられる。リユース容器には, 下段と上段に 10 パックずつ, 計 20 パックが入れられる (写真 17・18)。さらに, 蓋をされたイチゴには, 1 パックずつ生産者名と JA 名の入ったシールが貼られる (写真 19・20)。

イチゴパックが入れられた段ボール箱には, 規格別の判子が押される。リユース容器には品目名や JA 名, 規格, 生産者名が書かれたカードが側面に差し込まれる (写真 21・22)。

これで, 作業場での個選作業が終了である。調査時の作業終了時間は 13 時 38 分であった。選果作業時間は, 2 人で 4 時間 55 分 (業務用選果も含む) であった。その後, 16 時 18 分から, イチゴは, 軽トラックに乗せられ JA よいちの集出荷場まで運ばれた。集出荷場到着時間は 16 時 30 分であった。集出荷場到着後, 軽トラックからイチゴが降ろされる (写真 23・24・25)。

集出荷場では, まず, 降ろされた段ボールとリユース容器のイチゴの検査がおこなわれる。検査終了後, 段ボールは 5 箱 (20 パック) を 1 行李として上蓋をかぶせ梱包機で梱包される (写真 26)。

梱包された段ボール箱は, 集出荷場に待機していた輸送トラック (7t) に積み込まれる。リユース容器は, 梱包作業は不要であるため, 検査終了後そのままトラックに積み込まれた (写真 27・28・29・30)。

トラックに積み込み終了後, 17 時 50 分に札幌市場に向けてトラックは出発した。札幌市場に向かう途中, まず JA よいちから 52.5 km 地点で他のトラックと荷物の積み替えをおこなった。さらに, 55.1 km 地点にある札幌市場の仲卸会社 (森哲) の温度管理配送センターでリユース容器が降ろされた (写真 31・32)。その後 19 時 50 分に札幌市場に到着しイチゴが売り場に降ろされた (写真 33・34・35)。JA よいち集出荷場から札幌市場までの総輸送距離は 67.2 km であった。

上述の JA よいちでのイチゴの物流調査概要を写真で以下に示しておく。

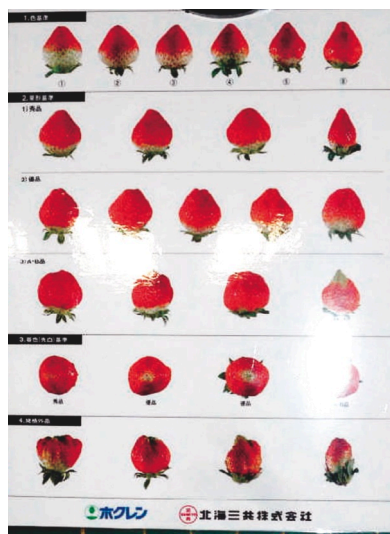


写真 1 イチゴの品質区分
資料 : JA よいちイチゴ物流調査より作成。

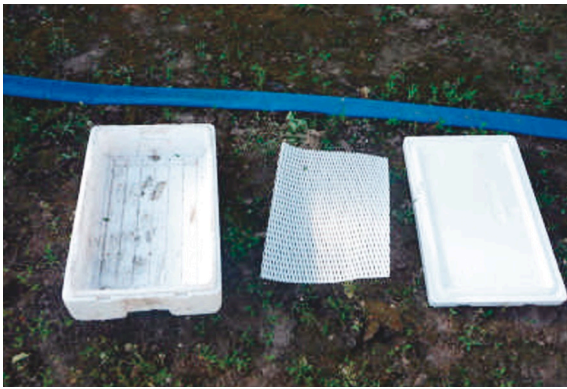


写真2 イチゴ収穫箱



写真6 収穫されたイチゴ



写真3 「けんたろう」イチゴ



写真7 O農家の作業場へ



写真4 イチゴの収穫



写真8 イチゴの選別・パック詰め



写真5 イチゴの収穫



写真9 イチゴの選別・パック詰め



写真 10 パック詰めされたイチゴ



写真 14 仕切りが入られた段ボール箱



写真 11 シートでふたをする



写真 15 イチゴのリユース容器とラック

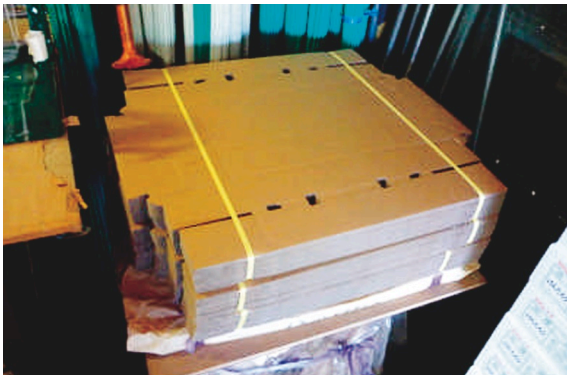


写真 12 イチゴ段ボール箱



写真 16 ラックが入られたリユース容器



写真 13 イチゴ段ボール箱の組み立て



写真 17 段ボール箱に入れられたイチゴパック



写真 18 コンテナに入れられたイチゴパック



写真 22 コンテナ側面にはめられたカード



写真 19 イチゴパックに貼られたシール



写真 23 JA よいち集出荷場到着



写真 20 イチゴパックに貼られたシール



写真 24 集出荷場に持ち込まれた段ボール

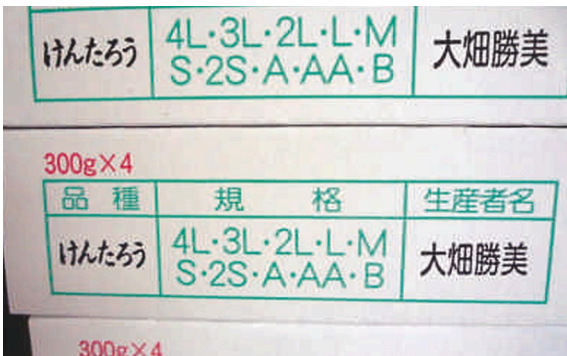


写真 21 段ボール箱の側面



写真 25 集出荷場に持ち込まれたリユース容器



写真 26 段ボール箱（5段+上蓋）の梱包



写真 30 輸送トラックに積み込まれた実証試験用イチゴ



写真 27 実証試験用のイチゴ



写真 31 仲卸（森哲）の物流センター



写真 28 輸送トラックへのイチゴの荷積み



写真 32 リユース容器入りイチゴは、ここで降ろされた



写真 29 リユース容器のトラックへの積み込み



写真 33 札幌中央卸売市場到着・イチゴ荷下ろし



写真 34 市場の売場に降ろされた実証試験用イチゴ



写真 35 市場のイチゴ売り場に降ろされた段ボール入りイチゴ

3-4 イチゴ産地物流作業時間の比較分析

ここでは、実証試験をおこなったイチゴの輸送包装容器の物流作業時間について、すなわち段ボール箱とリユース容器について比較分析をおこなう。

イチゴ輸送包装容器の物流作業時間の分析をおこなうため、収穫から市場まで物流を 21 の工程に区分し、そのうち 13 工程において作業時間の計測を実施した。

段ボール箱とリユース容器の物流作業時間の比較は、20 パック、すなわち段ボールは 1 行李、リユース容器は 1 ケースを基準としておこなった。

物流作業時間を計測した 13 の工程の中で、多くの作業時間を要する工程は、パック詰め(レギュラー)工程があげられる(図 20)。

特に、イチゴのパック詰めは、20 パック当たり 4,073.4 秒と産地物流作業のなかでは、最も多くの時間を要していることがわかった。またパック詰め工程は、段ボール箱では計測した作業工程全体の 67.4%、リユース容器は 71.2%を占めている(図 21)。次に多くの時間を要している工程は、イチゴの収穫したイチゴを収穫容器に入れる工程であり、20 パック当たり 986.9 秒の作業時間を必要としている。作業工程全体に占める割合では、段ボール箱が 16.3%、リユース容器が 17.2%を占める(図 22)。

リユース容器と段ボール箱の比較分析

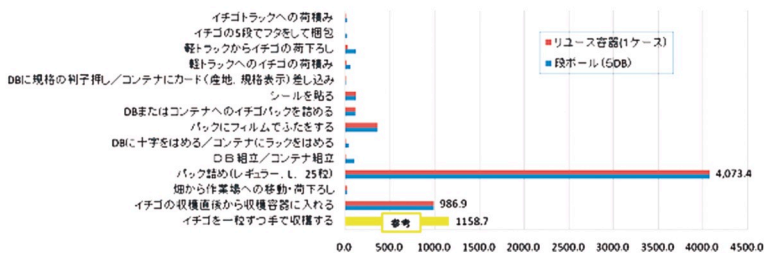


図 20 産地物流作業時間 (秒)
資料: JA よいちイチゴ物流調査より作成。

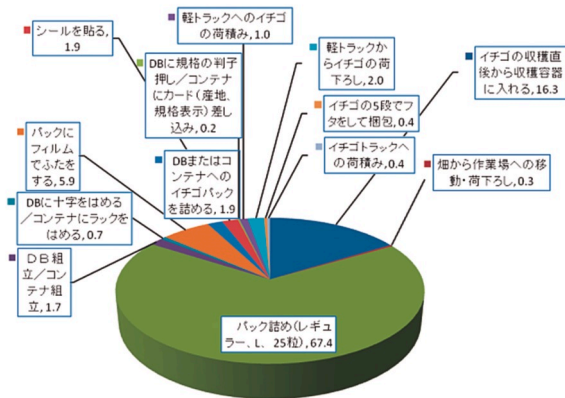


図 21 段ボール (5 DB) の産地物流作業時間割合 (%)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

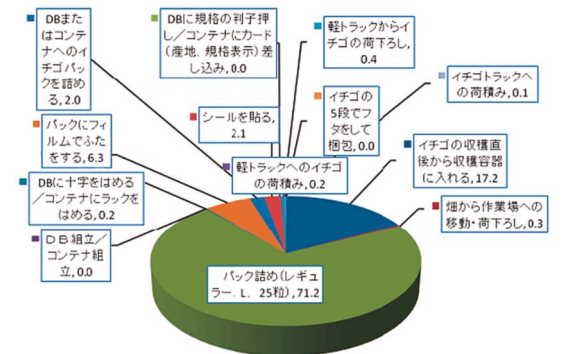


図 22 リユース容器 (1 ケース) の産地物流作業時間割合
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

この2つの工程（イチゴのパック詰めと収穫）だけで、物流作業全体の段ボール箱では83.7%，リユース容器は88.4%を占める。またこの2つの物流作業工程は、段ボール箱とリユース容器ともに同じく必要な作業工程である。今後、産地物流作業時間削減のためには、この2工程の作業方法の改善を検討することが必要である。ただ、イチゴの品質上の商品特性から収穫の機械化が困難であることを考えると、大胆な規格簡素化によるパック詰め作業の簡素化を考えていくことが非常に重要である。

計測調査をおこなった13工程のトータル時間では、段ボール箱は、20パック当たり6,044.7秒(100分45秒)を要するのに対し、リユース容器の場合は、5,723.7秒(95分24秒)を要した(図23)。イチゴの20パック詰めるのにこれほどの時間を要するとは驚くほどである。両者とも相当の時間を要していることがわかるが、両者の差を見ると、20パック当たり、リユース容器が321.0秒(5分21秒)だけ作業時間が短縮されることがわかる。

リユース容器使用により、段ボール箱の場合より作業時間が短縮される工程は、いくつかあるが、最も作業時間が短縮される工程は、段ボール箱とリユース容器の組み立て、すなわち輸送包装容器の組み立て工程の作業時間に最も大きな差がでてくる(図24)。段ボール箱の組み立てには、20パック当たり100.1秒を要するのに対し、リユース容器は僅か1.9秒しか要せず、両者の差は98.2秒である。その理由は、段ボール箱の場合、1段ボールの入り数は4パック入りであるため、20パックを入れるためには段ボールを5箱組み立てる必要があるのに対し、リユース容器は2段20パック入りであるため、1容器の組み立てですむこと。また、組み立て方法も、段ボール箱は、箱にするためには、相当の複雑な折

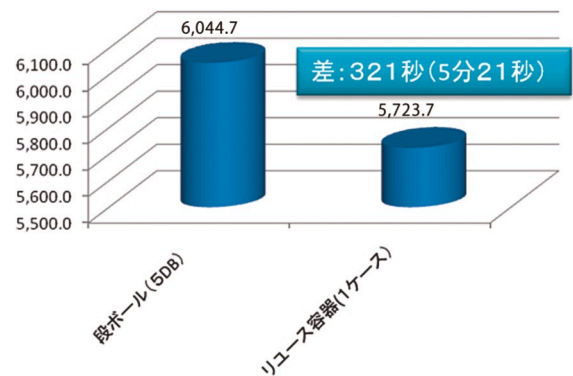


図 23 産地物流作業時間の差 (秒)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

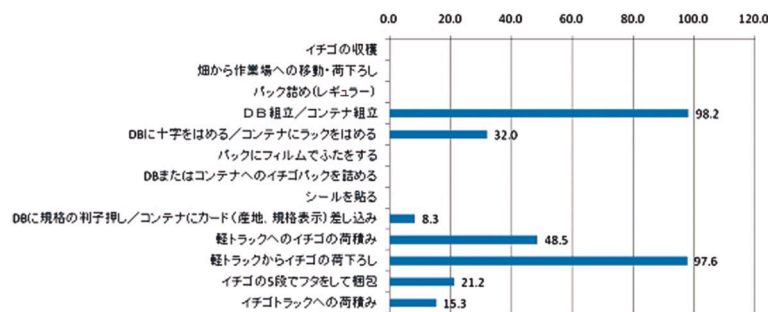


図 24 DB-RPC (秒)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

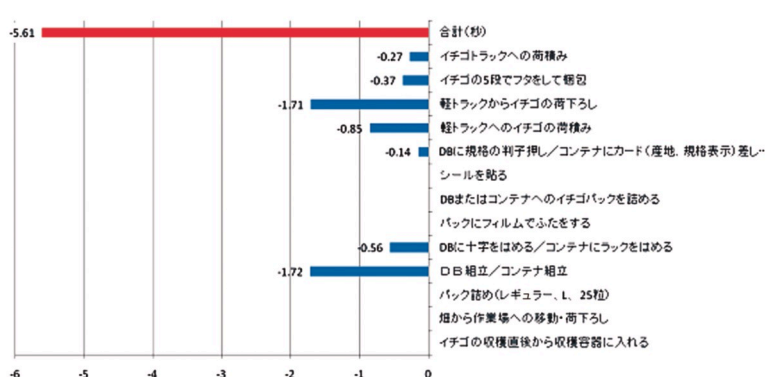


図 24 の 2 産地物流作業時間短縮寄与度 (%)

資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

り方が必要であるのに対し、リユース容器は、ワンタッチ式であるため非常に簡単に組み立てられるということも、大きな差を生み出している理由でもある。段ボール箱に十字の仕切りをはめる/リユース容器にラックをはめる工程の32.0秒を加えると120.2秒、約2分の物流作業時間の短縮となる。

容器組み立て以外でリユース容器の短縮が大きい工程としては、JA よいち集出荷場到着後の荷下ろし工程が大きい。20バック当たり段ボール箱は122.0秒であるのに対し、リユース容器は24.4秒であり、両者の差は97.6秒である。この差の原因は、段ボール箱は、この段階では5段で梱包されていないため降ろすのに時間を要するが、リユース容器は、20バック単位ではいているため、早く降ろすことができるためである。イチゴが5段1行李でトラックに積み込まれる工程では、それほど両者に時間差ができていないことからみてもそのことは裏付けられる。

段ボール箱からリユース容器に輸送包装容器に変えれば、作業時間が321秒短縮することが可能となり、段ボール箱の場合に比べて5.65%の作業時間の短縮が可能となる。特に、容器組み立て関係(DBまたはリユース容器+仕切りまたはラックはめ込み)の物流作業短縮時間寄与度が2.3%と最も大きいことがわかる(図24の2)。

また、産地物流短縮時間寄与率で見ると、容器組み立てが全短縮時間の30.6%と最も大きい(図25)。段ボール箱に十字をはめる/リユース容器にラックをはめる工程の10.0%を含めると40.6%となる。次に軽トラックからの荷降ろしが30.4%、軽トラックへの荷積みが15.1%となっている。

以上、イチゴの産地物流作業時間の比較分析では、20バック当たりリユース容器が段ボール箱の作業時間に比して321.0秒(5分21秒)の短縮が可能で

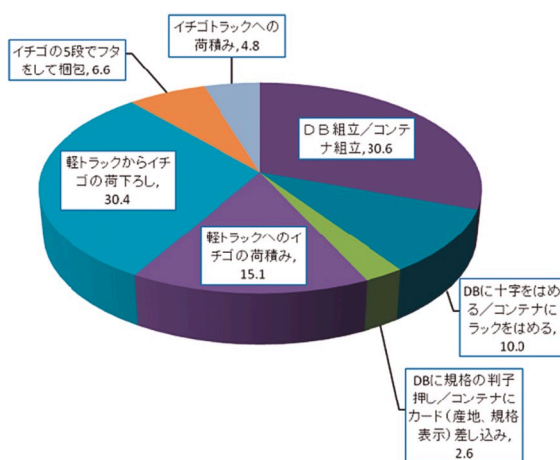


図 25 物流作業時間短縮寄与率 (%)

資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

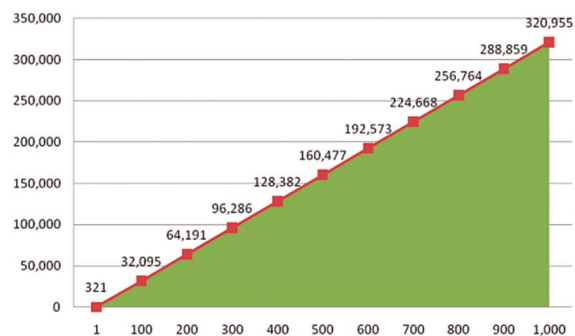


図 26 産地物流作業時間削減効果 (秒/ケース)

資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

あることが明らかとなった。

そこで、これまでの結果をもとに、もしワンシーズンの出荷量によってどれぐらいの作業時間が削減できるかを試算してみた。20バック当たり321.0(5分21秒)秒短縮されるので、仮に、ワンシーズン100ケースリユース容器で出荷されるとした場合、32,095秒(534分55秒)短縮されることが

わかる(図26)。同様に500ケースでは、160,477秒(2,674分37秒)短縮されることになり、1,000ケースでは、320,955秒(5,349分15秒)が短縮されることになる。

3-5 イチゴ産地物流費の比較分析

ここでは、イチゴの実証試験及びヒアリング調査により収集したデータをもとに、段ボール箱とリユース容器との物流費の比較分析をおこなう。但し、物流費の比較分析は産地(JAよいち)から市場(札幌中央卸売市場)まで、すなわち産地物流費についての比較分析をおこなった。

物流費の比較は、前項と同じく20パック当たりで比較した。また、産地物流作業費は、前項の産地物流作業時間を時給750円として算出した。

まず段ボール箱の産地物流費について見ると、20パック当たりの産地物流費は合計1,979.5円となった(図27)。物流費の中では、産地物流作業費が1,259.3円と最も多く、産地物流費全体の63.6%を占めている(図28)。それ以外の物流費としては、容器代+上蓋が314.2円(21.8%)や運賃の252.0円(12.7%)となっている。

リユース容器の場合、産地物流費合計は1,744.2円となった。物流費の中では、段ボール箱同様に産地物流作業費が1,192.4円と最も多い物流費となっ

ている。割合で見ると物流費全体の68.4%を占めている(図29)。それ以外の費用としては、運賃が247.8円(14.2%)、容器代は段ボール箱に比べかなり安く150.0円であり、割合も8.6%と段ボール箱に比べると半分程度となっている。

段ボール箱とリユース容器の産地物流費の差は、リユース容器の方が20パック当たり235.3円、段ボール箱に比べコスト削減されることがわかった(図30)。

段ボール箱からリユース容器に転換した場合の産地物流費の削減率は11.9%と段ボール箱の産地物流費の約1割が削減可能となる。なかでも、容器関係の物流費の削減が大きく、産地物流費削減寄与度は約8.3%となる(図31の2)。

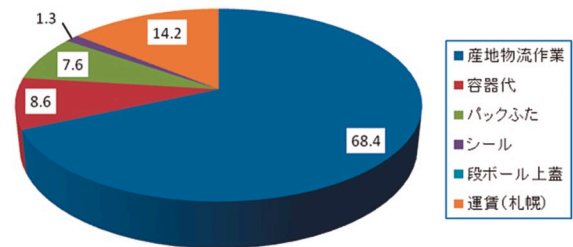


図29 リユース容器の産地物流費割合 (%)
資料: JAよいちイチゴ物流調査より作成。

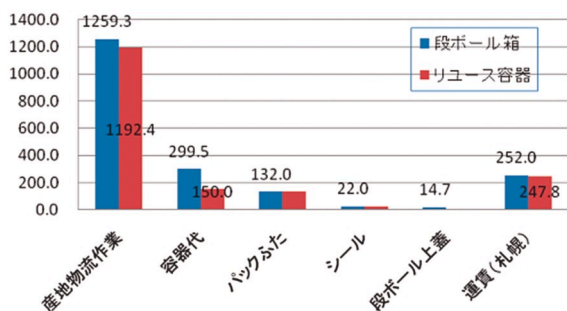


図27 産地物流費 (円/20パック)
資料: JAよいちイチゴ物流調査より作成。

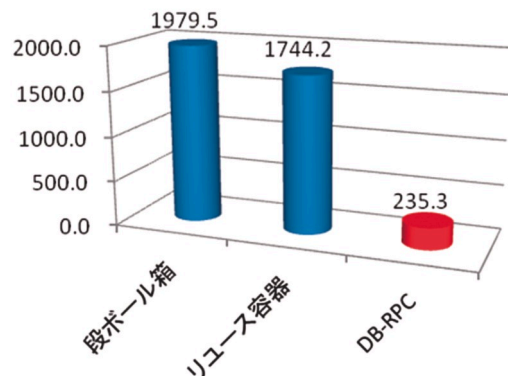


図30 イチゴ産地物流費の差 (円)
資料: JAよいちイチゴ物流調査より作成。

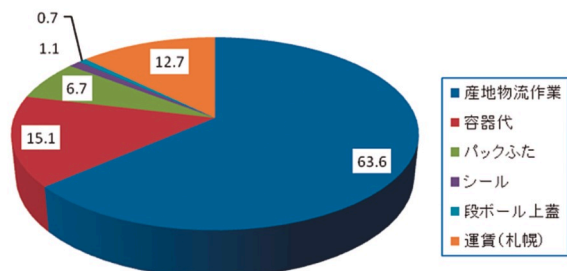


図28 段ボール箱の産地物流費割合 (%)
資料: JAよいちイチゴ物流調査より作成。

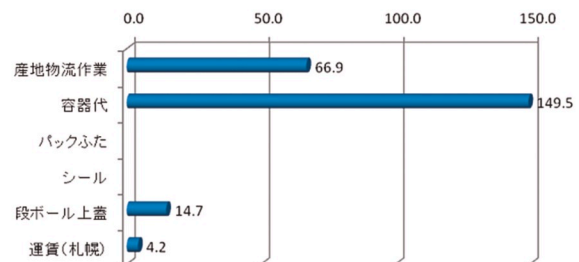


図31 DB-RPC (円/20パック)
資料: JAよいちイチゴ物流調査より作成。

産地物流費のなかで物流費の削減の最も大きいのは、容器代（段ボール上蓋含む）で20パック当たり164.2円の削減となる。物流費削減寄与率でも69.7%と最も高い（図31）。次に削減の多い物流費は、産地物流作業で20パック当たり66.9円の削減が可能である。寄与率では28.4%である。それ以外には運賃が4.2円の削減となる（図32）。

これまでの分析から、段ボール箱からリユース容器に輸送包装容器を変えた場合、産地物流費を削減することが可能となる。特に、容器代の物流費の削減が大きいことがわかった。

以上の分析を踏まえ、リユース容器の利用を増やすことによってどの程度の産地物流費の削減が可能であるかを試算してみた。産地物流費は、リユース

容器1ケース（20パック）当たり235.3円の削減が可能であるので、段ボール箱からリユース容器に100ケース変えたとしても、23,527円の産地物流費の削減が可能となる（図33）。さらに500ケースでは117,633円、1,000ケースでは235,266円、5,000ケースでは1,176,328円の産地物流費の削減が可能となる。

4. まとめ

本稿では、北海道、JA よいちのイチゴを事例として、イチゴ流通の輸送包装容器として利用されている段ボール箱とリユース容器の物流作業に関し、経済学的視点から比較考察をおこなってきた。

これまでの考察により、リユース容器優位性について下記のことが明らかとなった。

まず、産地物流作業時間に関しては、第1に、段ボール箱に比してリユース容器が、20パック当たり約321秒＝5分21秒の作業時間の短縮が可能であることが明らかとなった。試算によれば、段ボール箱からリユース容器へ転換が増えれば増えるほど作業時間の短縮可能となり、リユース容器に1,000ケース転換したとすれば、約90時間の作業時間の短縮が可能となる。第2に、作業時間短縮のなかでは、容器組み立て（仕切りまたはラックはめ）に関する作業時間の短縮が大きく短縮時間寄与率でも40.6%と最も高い。第3に、イチゴの収穫及びパック詰め作業時間の削減方法を早急に検討する必要があると思われる。そのためには、イチゴ規格基準の一層の簡素化を検討する必要がある。輸送試験等で品質保全の試験を是非実施する必要があると思われるが、圃場でのイチゴ収穫と同時にパックにバラ詰めし、バラ詰めされたパックをそのままリユース容器に入れるように、現在の作業体系を見直し、収穫およびパック詰め作業時間の短縮の追求を検討すべきであると考えられる。

次に、産地物流費に関しては、第1に、20パック当たりリユース容器が235.3円の物流費の削減が可能であること、特に、段ボール箱の場合と比して約1割の産地物流費の削減が可能となることが明らかとなった。第2に、産地物流費の削減が最も大きい費用は容器代（上蓋含む）で、20パック当たり164.2円となり、産地物流削減寄与率も69.7%と最も高いことが明らかとなった。つまり段ボール箱からリユース容器へ転換するだけで、最も高い物流費削減効果が得られるといえる。第3に、これまでの分析結果から段ボール箱からリユース容器への転換すればするほど産地物流費の削減が可能となることが明

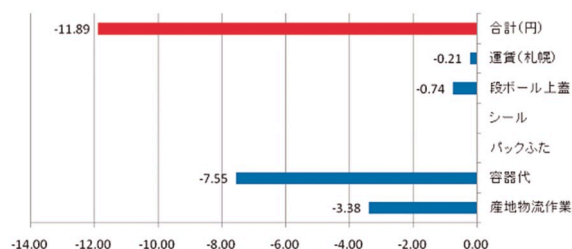


図31の2 産地物流費削減寄与度 (%)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

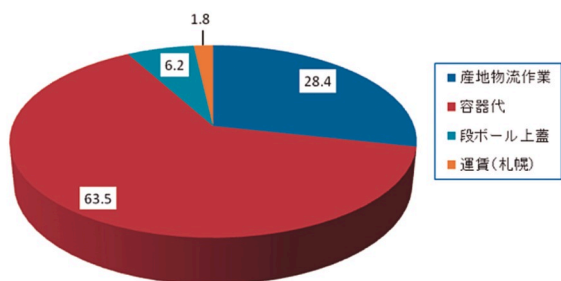


図32 産地物流費削減寄与率 (%)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

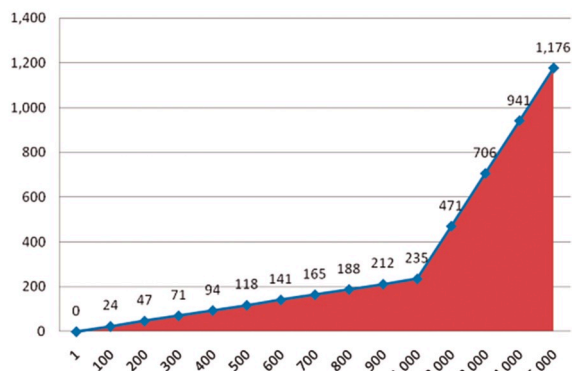


図33 産地物流費削減効果 (千円/ケース)
資料：JA よいちイチゴ物流調査より作成。

らかとなった。試算によれば段ボールからリユース容器に5,000ケース転換した場合、産地は約120万円の産地物流費を削減することが可能となる。また、今後、さらにリユース容器への転換だけでなくイチゴ選別荷造り作業体系の見直しが可能となれば、一層のイチゴ物流費削減をもたらすことが可能となる。

II イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果に関する研究

1. 目的

イチゴは非常に軟弱な食品であり、輸送中の振動による「おせ」や「すれ」といった損傷が多く発生する。現在、イチゴの輸送手段として段ボールを使ったものが主流であるが、この方法では振動が直接イチゴに作用し、損傷が発生しやすい。一方、近年開発されたイチゴ輸送用ラックを用いたコンテナは振動の影響が小さいとされ、ダンボールに代わる輸送方法として有望視されているが、損傷軽減効果の具体的なデータはほとんどない。

そこでイチゴの損傷度評価法を確立するとともに、イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2-1 イチゴの損傷度評価法の確立

イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果を明らかにするためにはイチゴの損傷度を評価する指標が必要であるが、現在明確な指標は存在していない。そこで、イチゴの損傷度評価法を確立するための実験を行った。椎名らの方法を基にイチゴを脱イオン水に浸漬し、水の導電率を測定し、損傷度を求める方法を検討した。

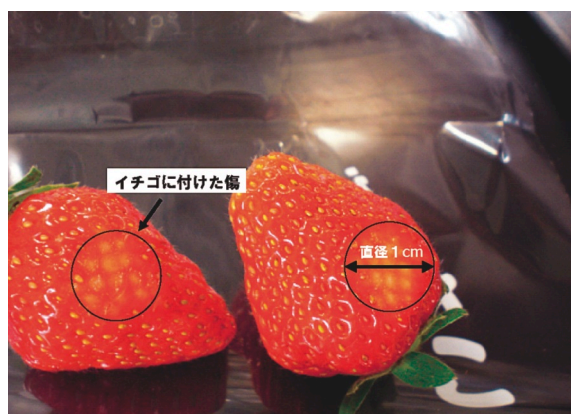


図1 イチゴの傷をつけた写真

(1) 供試材料

供試材料は余市産イチゴ「けんたろう」を使用した。試料は余市町の農家で収穫されパック詰めされたものをイチゴ輸送用ラックを用いて乗用車で江別まで輸送した。1パック当りの重さは290から330gであった。この状態のものを損傷率0%とした。また、一部のイチゴに傷を付けたものを作成した。傷は1個のイチゴに対し、カッターナイフを用いて直径1cmの円形に表皮を切り取った。傷の個数を1パックあたり5個のもの（損傷率約0.11%）、10個のもの（損傷率約0.23%）を作成した。

(2) 導電率の測定

1パックのイチゴを1Lの脱イオン水の入ったステンレス製容器に入れ静かに攪拌しながら導電率計（アズワン株式会社製 Cyber CON 400 ウォータープルーフポータブル導電率計）を用いて導電率を測定した。導電率の測定間隔は0~120秒の間は30秒、120~600秒の間は60秒ごとに測定した。図2に測定時の様子を示した。

(3) クエン酸の導電率測定法

イチゴを水に浸漬した際、溶出する電解質はクエン酸などの有機酸が主体と考えられるため、クエン酸濃度と導電率の関係を求めた。クエン酸濃度2, 4, 6, 8, 10 mg/Lの水溶液を作成し、これの導電率を測定した。

(4) 損傷度の定義

イチゴの損傷度を(1)式で定義した。

$$\text{損傷率}(\%) = \frac{\text{傷面積}(\text{cm}^2)}{\text{表面積}(\text{cm}^2)} \times 100 \quad (1)$$

損傷度を求めるためには傷面積と表面積を求める



図2 イチゴの導電率を測定している様子

必要がある。傷面積は実際にイチゴに傷をつけた面積である。表面積はイチゴ1つあたりの表面積に個数をかけたものである。

$$\text{傷面積 (cm}^2\text{)} = (\text{傷の半径}^2 \text{(cm)}) \times \pi \times \text{個数} \text{---(2)}$$

$$\text{表面積 (cm}^2\text{)} = \text{平均表面積 (cm}^2\text{)} \times \text{個数} \text{---(3)}$$

イチゴの形を球と想定して平均体積から球相当半径を求め、そこからイチゴの平均表面積を求めた。

$$\text{平均表面積 (cm}^2\text{)} = (\text{球相当半径 (cm)})^2 \times 4 \times \pi \text{---(4)}$$

$$\text{球相当半径 (cm)} = (\text{平均体積 (cm}^3\text{)} \times 3 \div 4 \pi)^{1/3} \text{---(5)}$$

$$\text{平均体積 (cm}^3\text{)} = \text{平均質量 (g)} \div \text{密度 (g/cm}^3\text{)} \text{---(6)}$$

$$\text{密度 (g/cm}^3\text{)} = \text{イチゴの質量 (g)} \div \text{イチゴの体積 (cm}^3\text{)} \text{---(7)}$$

イチゴの体積は以下のように求めた。電子天秤に水を入れたビーカーを乗せて、水中にイチゴ全体が完全に水につかるように浸漬し、その時の重さを測定

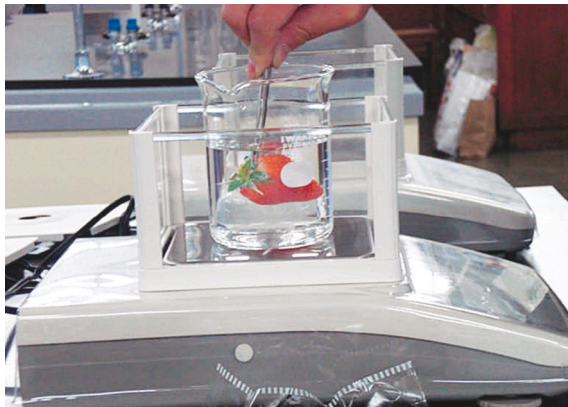


図3 イチゴの密度測定の様子

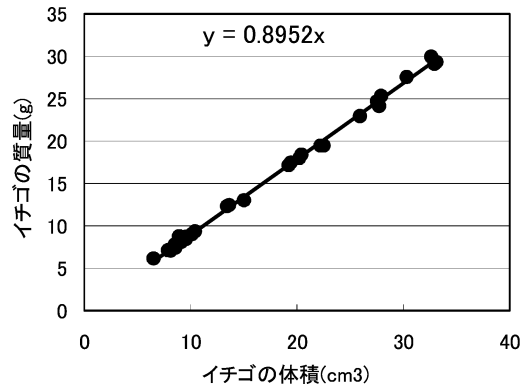


図4 イチゴの密度

した。これはイチゴに加わる浮力の反力であり、イチゴと同体積の水の重さに等しい。水の密度を1 (g/cm³) とすると、この値からイチゴの体積が求められる。図3に測定の様子を示す。体積の測定には29個のイチゴを用いた。図4にイチゴの体積と重さの関係を示す。この測定値の回帰直線を求め、その傾きを密度とした。

2-2 振動試験機を用いた模擬輸送試験

イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果を確認するために、振動試験機(アイデックス BF-50VT)を用いた模擬輸送試験を行った。図5に試験の様子を示した。供試材料は余市産イチゴ「けんたろう」を使用した。振動試験機のテーブルの上に、実輸送と同様に段ボールを15段、コンテナ4段積みとして載せ、ゴムバンドで固定した。各包装資材の最下段と最上段にイチゴパックを載せた。加振方法は10から40 Hzを1分間掃引40から10 Hzを1分間掃引を繰り返して行い、加振時間は段ボールでは5, 10, 15分、コンテナでは10, 15, 20分した。この加振方法



段ボール



イチゴ輸送用ラックを用いたコンテナ

図5 振動試験機を用いた模擬輸送試験の様子

で5分間加振する事により250 km 輸送したものと同様の振動を与えられる。同様に、10分では500 km, 15分では750 km, 20分で1000 km 輸送したものに相当する。振動加速度は最上段と最下段のイチゴのバックの底面に加速度センサを接着して測定した。振動計 (IDEX 製 デジタル振動計) で加速度を測定し、振動ロガー (デジバイプロ 1332S1) に記録した。加振後にイチゴの損傷率を測定した。測定は3反復とした。

2-3 輸送試験

実際にトラックで輸送試験を行った。供試材料と供試機材は前節と同じものを用いた。包装形態は段ボールとイチゴ輸送用ラックを用いた。輸送区間は余市町から札幌中央卸売市場までのおよそ67.2 kmとした。振動加速度は段ボールとコンテナともに荷台上のイチゴバックの振動を測定した。損傷率は段ボールとコンテナの最上段と最下段それぞれ3バックずつ測定した。測定時期は輸送前、市場到着後、到着翌朝とした。

3. 結果と考察

3-1 イチゴの損傷度評価法の確立

(1) 損傷率と電解質溶出速度

図6に傷をつけたイチゴを浸漬した際の導電率の推移を示した。損傷率が高いと浸漬時間の経過に従って導電率は高く推移し、導電率上昇速度も高くなることがわかった。導電率と浸漬時間を直線回帰することにより、その傾きから導電率上昇速度を求めた。

(2) 溶出クエン酸濃度

図7にクエン酸濃度と導電率の関係を示す。以下の式で示すようにクエン酸濃度と導電率は直線関係を示していることがわかった。

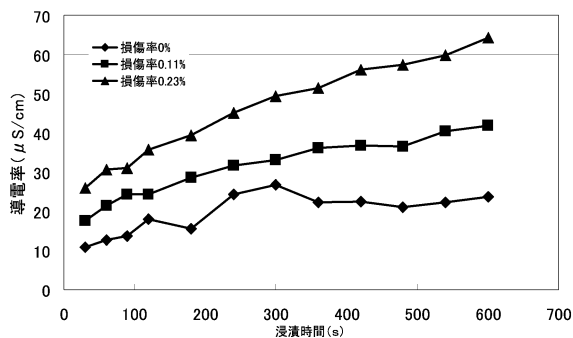


図6 損傷率と導電率の関係

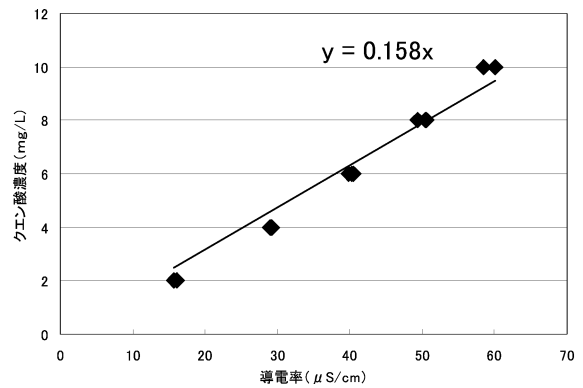


図7 クエン酸濃度と導電率の関係

$$\text{クエン酸濃度 (mg/L)} = 0.158 \times \text{導電率 (}\mu\text{S/cm)} \quad (8)$$

(3) 傷の評価方法

各イチゴのバック損傷率を(1)式で求め、各イチゴのバックごとの導電率上昇速度を前述の方法で求めた。クエン酸濃度と導電率の関係から以下の式でクエン酸溶出速度を求めた。算出したクエン酸溶出速度と損傷率の関係を図8に示す。イチゴの損傷率とクエン酸溶出速度は直線関係にあることが明らかになった。従ってこの回帰式を用いて浸漬水の導電率を測定することによって、イチゴの損傷度を測定することが可能となった。

$$\text{損傷率} = (\text{クエン酸溶出速度} - 0.0036) \div 0.0267 \quad (9)$$

3-2 振動試験機を用いた模擬輸送試験

(1) 振動加速度

図9に段ボールとコンテナのそれぞれ最上段のイ

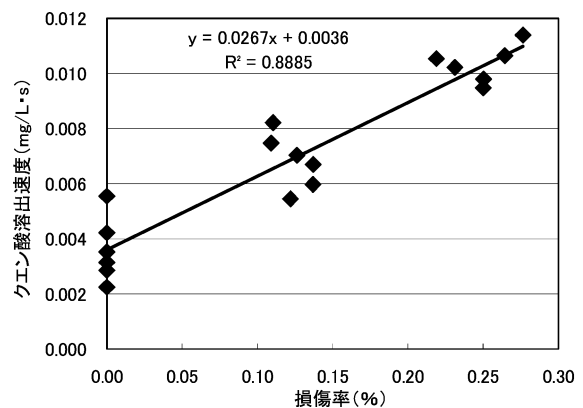


図8 クエン酸溶出速度と損傷率

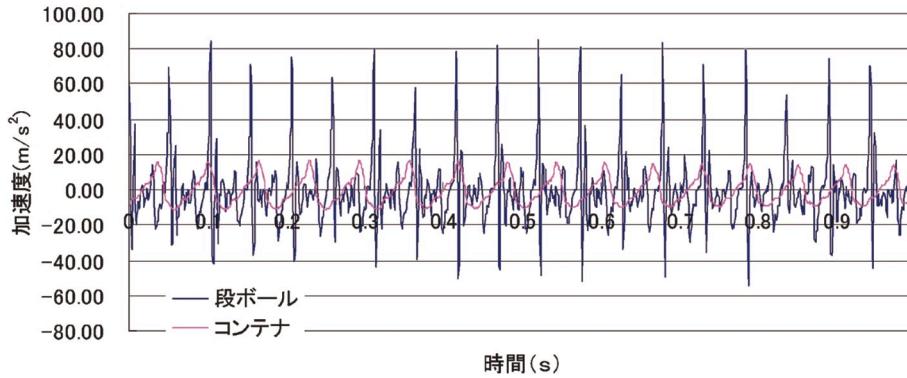


図 9 加速度波形

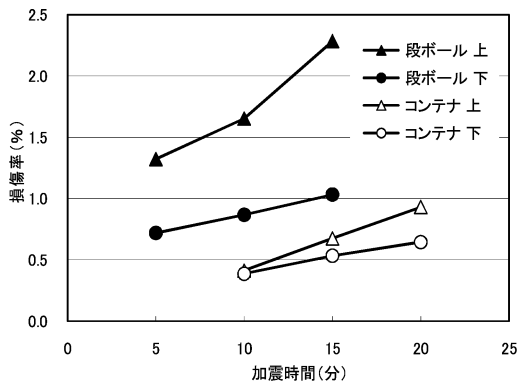


図 10 加振時間と損傷率の関係

イチゴパックの振動加速度波形の一部を示す。コンテナにおける振動加速度は、段ボールと比較して、大きく低減していることが明らかになった。

この振動波形の実効値を以下の式によって求め、加振時間を乗じた値を振動強度とした。

$$\text{実効値 (RMS 値)} = \sqrt{\frac{\sum (\text{振動加速度 (m/s}^2\text{)})^2}{\text{時間 (s)}}} \quad (10)$$

(2) イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果

図 10 に加振時間と損傷率の関係を示す。加振時間の増加に伴って、損傷率が増加する傾向があることがわかった。また、段ボールとコンテナとでは損傷率に大きな差が生じ、段ボールよりもコンテナのほうが損傷率が低く推移した。また、段ボールとコンテナいずれにおいても上に積んだイチゴのパックのほうが、損傷率は大きな値になった。

3-3 輸送試験

輸送時の振動

図 11 に実輸送時の 500 秒ごとの振動加速度の実効値を、図 12 に振動加速度の最大値を示す。段ボ

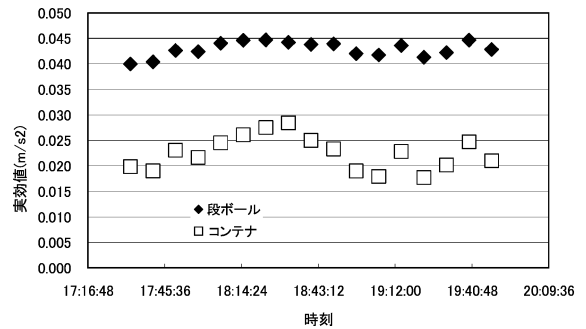


図 11 実輸送時の 500 秒毎の振動加速度の実効値

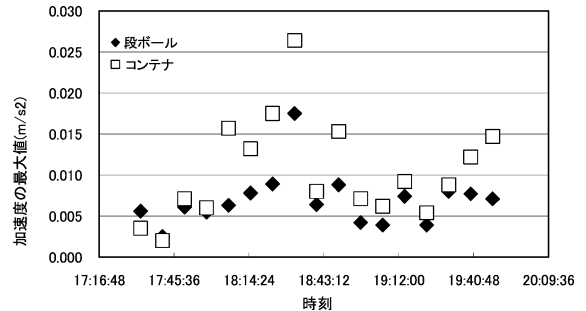


図 12 実輸送時の振動加速度の 500 秒毎の最大値

ールとコンテナでは、輸送時間を通じて段ボールのほうがコンテナより実効値が高かった。段ボールでは実効値の変動が小さかったのに対し、コンテナでは、実効値の変動が大きかった。振動加速度の最大値は段ボールよりもコンテナのほうが大きくなった。その中でも 18 時 32 分から 18 時 40 分までの振動加速度の最大値が最も高く、実効値においてもその時間帯は高くなっていた。この時間帯は、トラックは高速道路を通行している時間帯であった。高速道路を走ることにより、振動に大きな影響を与えていると考えられる。

輸送後の損傷率

図 13 に輸送前、市場到着後と市場到着翌朝のイチゴの損傷率を示した。

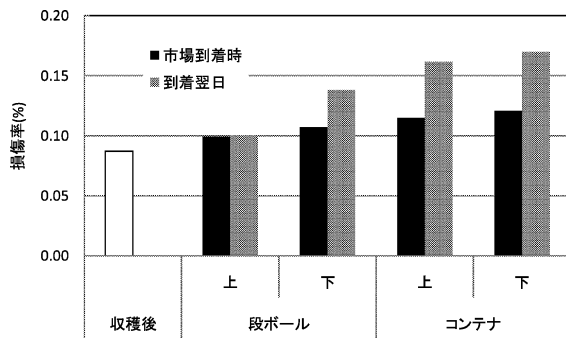


図 13 輸送前後のイチゴの損傷率

余市町から札幌中央卸売市場の距離では、損傷率は段ボールとコンテナで大きな差はなかった。市場到着翌朝は段ボールとコンテナに差が現れたように見えるが、損傷率の値が模擬輸送試験と比較して非常に小さく、段ボールとコンテナに差は明らかにならなかった。コンテナのほうが損傷率が大きかった原因として、輸送形態の状態の悪さの原因が上げられると考えられる。段ボールは通常輸送する形態と同様に 15 段積みで輸送されたが、コンテナは通常と違う輸送形態をとっていた。図 14 に実輸送時の状態を示す。実際の輸送では、コンテナを四段積み重ねた形態で輸送するが、本実験ではコンテナが足りなかったため、コンテナの間にきゅうりの段ボール箱を挟んで輸送した。それにより、コンテナのみを積み重ねた場合の振動とは異なる振動が加わり、コンテナのほうの損傷度は段ボールより、高くなった可能性がある。



図 14 実輸送のコンテナの写真

4. まとめ

イチゴは果実が軟らかく、輸送中に「おせ」や「すれ」と呼ばれる損傷が生じやすいため、収穫したイチゴを損傷させることなく、高品質な状態で消費者へ提供するための品質保持技術の開発が重要となっている。現在、イチゴの輸送手段としてイチゴ箱を用いた段ボールを使ったものが主流であるが、損傷が発生しやすい。段ボールに代わる輸送包装技術として開発された、イチゴ輸送用ラックを用いたコンテナは、イチゴに与える影響を低減させる効果があると言われているが、具体的データはほとんどない。そこで本論文は、イチゴの損傷度評価法を確立するとともに、イチゴ輸送用ラックの損傷低減効果を明らかにすることを目的とした。

イチゴを脱イオン水に浸漬した時の、導電率上昇速度から損傷率を求める数式を決定し、イチゴの損傷度評価法を確立した。

振動試験機を用いた模擬輸送試験の結果、コンテナにおける振動加速度は段ボールと比較して大きく低減しており、イチゴの損傷率も抑制された。イチゴ輸送用ラックのイチゴの損傷低減効果が明らかになった。

実輸送試験の結果、余市町から札幌中央卸売市場の距離では、損傷率は段ボールとコンテナで明らかな差は認められなかった。従ってさらに長距離の実輸送試験において検証することが必要である。

参考文献

- 〔1〕尾崎 亨「農産物広域物流における RPC の利用と紛失防止システム」日本流通学会『流通』No 27 (2010).
- 〔2〕尾崎 亨・樋元淳一「ブロッコリー及びゆり根輸送の環境対応型包装資材への転換に関する研究」『酪農学園大学紀要』第 35 巻 1 号, (2010).
- 〔3〕尾崎 亨・樋元淳一「青果物輸送における環境対応型包装資材の調査研究」社団法人北海道地域農業研究所, (2010).
- 〔4〕Y. Jiang, T. Shiina, N. Nakamura, A. Nakahara: Electrical Conductivity Evaluation of Postharvest Strawberry Damage, J. Food Sci., 66(9), 1392-1395 (2001)