

生鮮食品の輸送に関する研究

—イチゴのタイ向け小ロット輸送の輸送環境（第2報）—

朝来壮一

*食品産業担当

Study on Transportation of Fresh Foods

-Transportation Environment of the Strawberry for Thailand (2nd Rpt) -

Shoichi ASAKI

Food Industry Division

要 旨

大分県から福岡を経てタイへ航空輸出される青果物輸送環境を明らかにするため、平成26年1月にイチゴを想定した小ロット輸出についてダミーによる輸送環境を調査した。タイ向けルートのうち台北経由便を対象とし、経由地台北桃園国際空港の離着陸を含む温湿度・気圧及び振動衝撃を測定した。前報同様日本国内での振動衝撃の頻度、大きさは宅配便輸送行程に集中しており、XYZ方向ベクトル合成値の最大で15.95G、国外輸送中ではXYZ方向ベクトル合成値の最大値は11.7Gであった。国外では台北桃園空港着陸時に記録された。

1. はじめに

近年の青果物流通は、近郊流通と遠距離流通でその環境が異なってきている。すなわち近距離流通では道の駅などの域内流通から地域量販店までであり、鮮度保持対策も長距離輸送のような厳密な鮮度保持対策は必要としていない。一方長距離流通では、アジア太平洋地域を対象としたTPP経済圏確立に向けた動きやアセアン統合等の流れの中で、流通範囲も国内首都圏向けだけではなく東南アジアなど国外向けの流通の機会も増えてくるものと考えられる。そうした中、長距離流通は、海外輸送を含めて近距離輸送とは流通プロセスが異なるため、輸送中の温湿度や気圧等の変化から振動衝撃までの輸送環境も従来の情報が有効

に機能しない場合が予想される。このため、当センターでは昨年から、海外輸送の内特に航空輸送における問題点を調査してきた。特にイチゴに関しては、輸送中の振動衝撃の影響を受けやすいとされており、「オセ」「スレ」損傷が知られている。このため、イチゴの輸送調査を通じて単純に振動対策だけでは解決できない課題が存在することを指摘してきた。すなわちイチゴ自体の果実硬度や出荷時期、また果実としての特性と輸送適性の摺り合わせである。イチゴの場合、果実としての味のピークでは果実硬度が低下するという大きな問題が残されており、輸送に耐えうる果実硬度では味の点でも未熟なものを出荷しなければならないなどの問題点が残る。本研究では、こうした品質は優

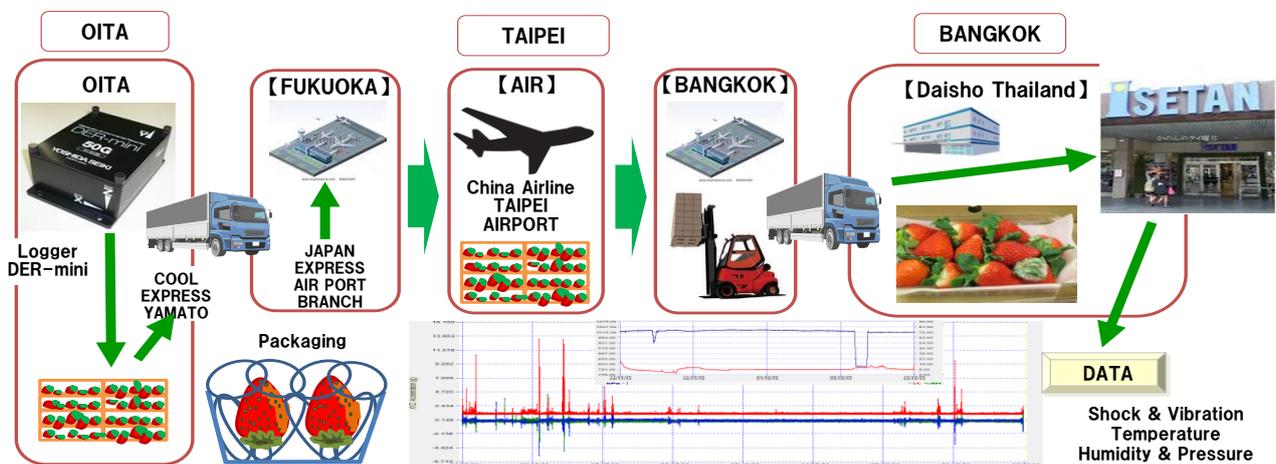


Fig.1 経由便によるタイ輸送調査の概要

れるが輸送耐性の劣る高品質生鮮食品の長距離輸送に必要な要素を明らかにするため、海外輸送における小ロットから海上コンテナ輸送に至るまでの多様な輸送環境について明らかにしようとするものである。

本報告では、平成 24 年度から実施しているイチゴの航空輸送テストを軸に、タイ向けの直行便に対して、台湾を経由するルートを利用する場合（積替えあり）の輸送環境データを直行便と比較して検討した。

また本年度はタイ国内の政情不安を背景にしたイチゴ輸出停滞の状況を受けて、ダミーのみを使用した輸送環境調査となったことを付記する。

2. 調査方法

2.1 調査概要

平成 26 年 1 月 19 日～1 月 21 日（タイ着荷まで）の間に輸送テストを実施した。全体イメージを Fig. 1 に示した。テスト輸送は小ロット航空輸送とし、国内輸送は宅配便（ヤマト運輸）を利用した。輸送はハンドキャリーとし、国内の一次荷受けは日本通運(株)福岡航空支店着とした。航空機は中華航空（チャイナエアライン）の福岡国際空港発午前便（10：10 発）台北経由（積替有）とし、バンコクスワンナプーム国際空港で回収することとした。

国内発送からタイ着荷までの各行程毎のスケジュールを時間軸に沿って Table 1 に示した。

2.2 使用機器

データロガーは輸送環境記録計 DER mini（神栄テクノロジー社製）50G 及び 10G 各 1 台、DT-178A（3 軸振動データロガー：MK-Scientific）2 台、DT-174B（温度/湿度/気圧データロガー：MK-Scientific）2 台を用いた。それぞれの機器は全農おおいだ標準のイチゴ用パッケージ 250 g 4 パック規格の段ボールにアクリル製の固定ベースを作製して固定し、これらを段ボール（DB）内に Fig. 2, Fig. 3 のように設置した。1 行李は 150×290×420mm である。



Fig. 2 DER-mini10G, 50G



Fig. 3 DT178A, DT174B



Fig. 4 出荷時荷姿



Fig. 5 着荷時荷姿

Table 1 タイムスケジュール

date	Time (Local time)	Schedule	Remarks
2014/1/19	9:00	Packaging	Room Temp 24°C
	11:00	End of Packaging	
	12:00	Local Service Station(YAMATO)	5°CRef Keeper YAMATO Service HAGIWARA
	14:50	Principal Station of OITA	5°CRef Keeper YAMATO TOYOMI Principal
	21:00	move to FUKUOKA Principal St.	Height 734m:12°C 1040hPa→Theoretical 954hPa
	23:14	FUKUOKA Principal Station	
2012/1/20	0:30	move to Local Service Station	
	13:00	Arrival of Package	NIPPON EXPRESS FUKUOKA AIRPORT BRANCH
	13:00～	Interrim Strage	Store in Room Temp
2014/1/21	10:50	Loading of Package (Airplane)	NIPPON EXPRESS FUKUOKA AIRPORT BRANCH
	11:40	Departure (FUKUOKA)	
	17:35(15:20)	Landing (TAIPEI TAOYUAN)	CHINA AIRLINE (TAIWAN)
		Departure(TAIPEI)	
		Landing(Suvarnnaphum Thailand)	
18:30(16:30)	Unloading of Package	Suvarnnaphum International Airport	
2014/1/21		Customs	
		To Bangkok City	Airport Link Train
	13:00(11:00)	Checking	

* time data were estimated from the loggers

これらは保温用アルミ遮熱断熱シートで外装した。本試験ではパレットへの積付けは行わず標準の航空機ユニットロードデバイス（以下 ULD と記す）への搭載とした。ULD への積付けはパレット積付けと異なり、強い振動では荷崩れが予想される。また床ユニットへの固定ができないため、XYZ 軸が固定できない等の問題点もある。

データロガーの設定は Table 2 のとおりである。甘藷の輸送は、産地からの直送で、大分県豊後大野市→福岡空港輸出貨物受付→タイ航空→スワンナプーム空港とした。

Table 2 データロガーの設定

*DER mini 10G & 50G		
Range	50G >	10G >
Trigger mode	Time & Threshold mode	
Frame	1024	
Sampling rate	1ms	
Threshold	0.5G	
Interval	15s	
*DT174B		
Start Time	11:41 AM	2014/1/19
End Time	10:20 AM	2014/1/26
Sampling rate	60sec	
Samples	100000	
*DT178A		
Start Time	11:39 AM	2014/1/19
End Time	12:55 AM	2014/1/26
Sampling rate	3sec	
Samples	73519	

3. 調査結果及び考察

3.1 温度・湿度・気圧

テスト輸送に供したパッケージ自体の大きさは 150×290×420mm であり、より大きな梱包に比べて外部の温湿度環境の影響を受けやすく、振動衝撃の様態も異なることが予想された。このため、平成 24 年度 12 月に実施したテスト輸送時のイチゴのパレット積梱包と平成 24 年 12 月に実施した甘藷のパレット積輸送時のデータとの比較を行った。

一般貨物として搭載されるものは ULD に積み付けられるが、一定のまとまりで輸送される貨物については Fig. 7 のような単位でパレットに積み付けられており、バラ積みされる一般貨物よりも振動衝撃に対しては安定していると考えられる。

温湿度に関しては、整然と積み付けられ他の貨物が緩衝して単体でばら積みされるものよりも温度変化は少ない。今回のハンドキャリーと輸送量の大きかった甘藷ではその差が顕著であった。



Fig. 6 一般貨物 ULD



Fig. 7 パレット積甘藷

3.1.1 温度

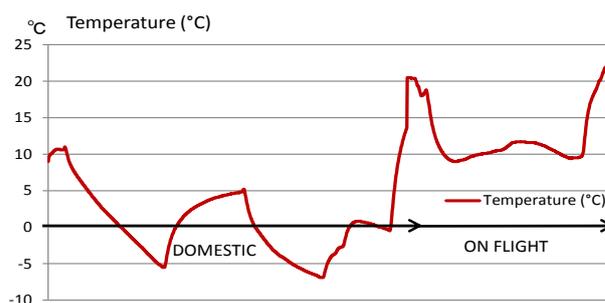


Fig. 8 ハンドキャリーの温度変化(2014. 1)

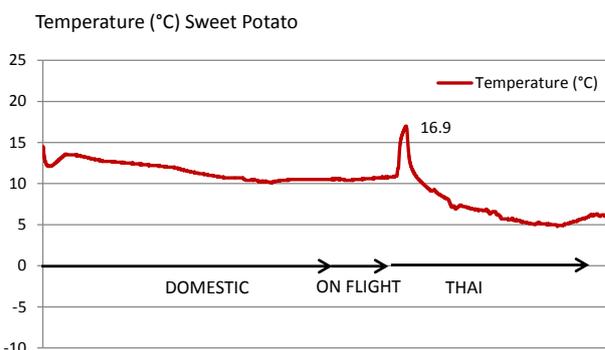


Fig. 9 パレット積甘藷の温度変化(2014. 1)

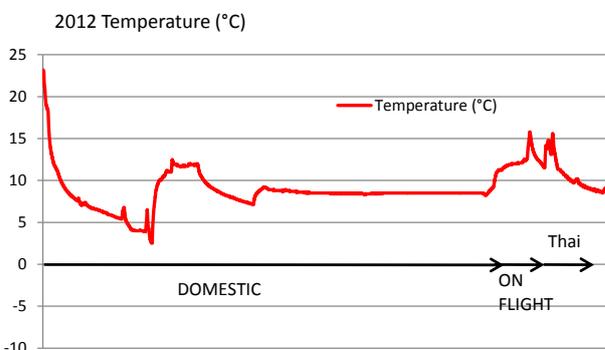


Fig. 10 パレット積イチゴの温度変化 (2012. 12)

Fig. 8 にハンドキャリーで輸送した今回の貨物の温度データを示した。小型梱包単体では外部温度の変化を受けやすいことを示しており、国内宅配便での積替え時の温度変化が著しい。宅配便では荷受け後クール便では、荷の適温を正確に把握できるわけではないので、冷蔵か冷凍かといった区分で荷捌きを行なっていると考えられる。そのため冷凍区分で保管された場合、 -5°C から -8°C などの低温環境になりうることを示された (Fig. 8)。それに比べてパレット積みするような大きな梱包では積付け位置によっては Fig. 7 に示すように、他の貨物が温度変化を抑制するように働く場合もあると考えられる。上記 3 事例の比較では貨物量の多い場合ほど、また積替え回数の少ないほど温度

変化の幅が小さく、甘藷では5℃～15℃の間での変化であり、大きな高温へのシフトも17℃程度に抑えられている。Fig 9の甘藷に事例では、宅配便を使用しておらず、産地から空港までの直送で行われたことも影響していると考えられる。航空輸送中（ON FLIGHT）の温度変化はほとんどなく平均して10℃前後であった。

3.1.2 相対湿度

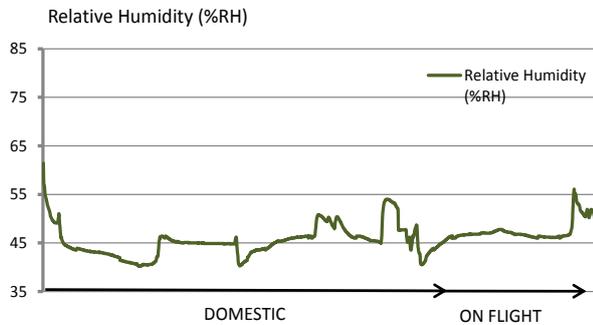


Fig. 11 ハンドキャリーの相対湿度変化(2014. 1)

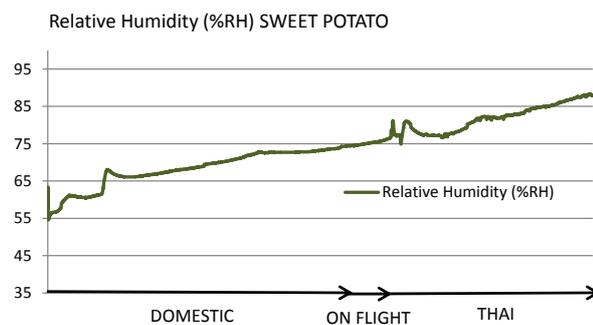


Fig. 12 パレット積甘藷の相対湿度変化(2014. 1)

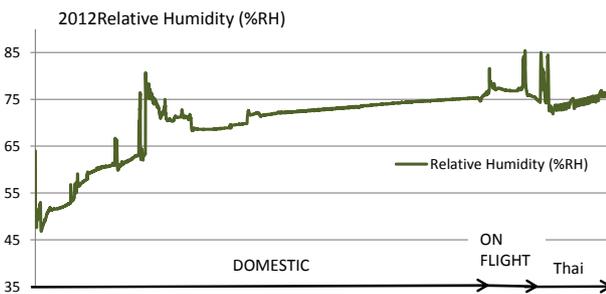


Fig. 13 パレット積イチゴの相対湿度変化(2012. 12)

バンコクは熱帯モンスーンに属し、11～2月は乾季である。年間の平均気温は28.5℃であり、乾季でも30℃を越えることはあまりない。しかし、この時期の日本は冬であり低温・乾燥期に当たるため、12月～2月の輸出では温度・湿度ともにバンコクとは正反対の環境となる。相対湿度も現地では80RH%を越えることもあるため日本の45～55RH%の環境から輸送すると相対湿度が漸増していくのが判る。Fig. 11はハンドキャリー貨物の相対湿度変化である。湿度はタイ着荷まで55RH%を超えていないが、日本

国内での移動期間が長く、この間低湿な国内の環境を反映したものと考えられる。またダミーには青果物を積載していないため青果物からの水分蒸散がないことも低湿で推移した原因と考えられた。

実際に青果物を入れて輸送した例では、相対湿度は漸増しており、相対湿度は概ね右肩上がりでも推移した。このことから国内輸送から航空輸送の間に、青果物から水分が失われていると考えられる。

長距離輸送では、こうした水分の逸失は直接品質に影響すると思われるため、短時間で輸送が完了する国内と違って、パッケージの気密性を十分に考慮する必要があると考えられた。輸送の合理化による国内輸送の期間短縮は、輸送青果物の水分逸失を抑制し高品質を維持するのに有効と考えられる。

3.1.3 気圧

これまでの研究で輸送中の気圧変化は高標高道を移動する際と航空機の高高度飛行時に確認されたことを報告した。直行便では経路便と比べて離着陸回数が少ないため高高度飛行に伴う気圧変化も少ないと考えられる。Fig. 14は福岡からバンコクに向かうにあたって台北市桃園国際空港を経由する航空機で調査したものである。台北での離着陸前後で気圧の大きな変化が認められ、福岡台北間の最低気圧885.1hPa、台北バンコク間の最低気圧は815.4hPaであった。大分高速道最高地点での気圧は955.7hPaであった。

前報ではエアピロ型の緩衝包装の膨張について報告したが、イチゴなど繊細な果実ではこうした気圧変化が果実のオセ・スレ様の損傷につながる可能性がある。気圧変化の回数も多く、気圧の変化が大きければ、イチゴの細胞を損傷する可能性もあり、後述の振動衝撃と併せて考慮する必要がある。これらから、産地から福岡空港までの直送とバンコク直行便による輸送を基本とすることが望ましい。

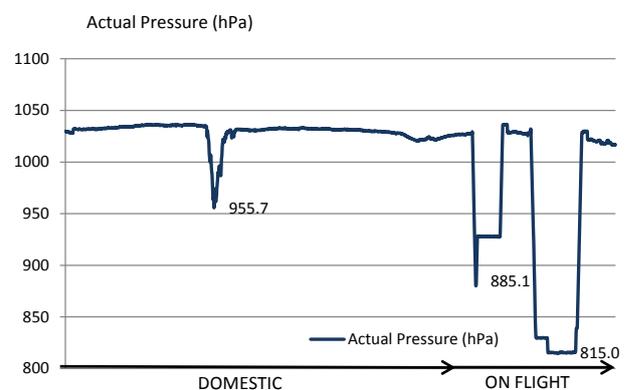


Fig. 14 ハンドキャリーの気圧変化

Table 3 タイ向け輸送期間中の温度・湿度・気圧

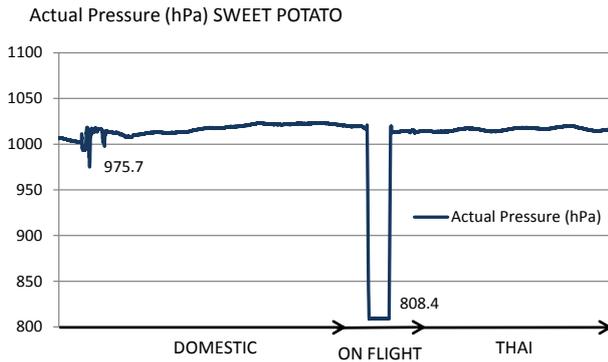


Fig. 15 パレット積甘藷の気圧変化

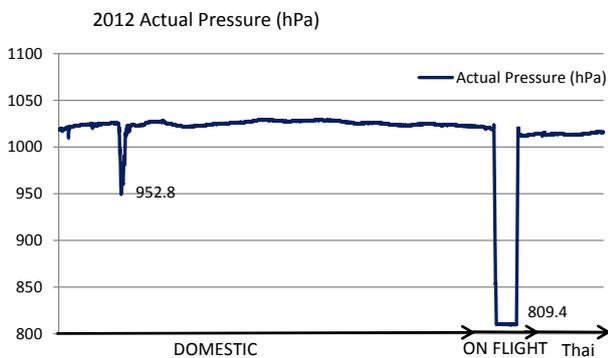


Fig. 16 パレット積イチゴの気圧変化

Fig. 15 は豊後大野市から福岡空港に直送した甘藷（甘太くん：パレット積 2014）輸送時の気圧変化である。豊後大野市から福岡空港までの移動に大分高速道最高地点を経由していないため、Fig. 16 の高速道路経路便に比べて気圧が 952.8hPa に比べて 975.7hPa と高くなっている。航空機輸送期間中は、バンコク直行便を利用したため最低気圧 809hPa 前後の気圧を記録した。これはペットボトルでも容易に変形する減圧であり、青果物の保護の面からも極力避けることが望ましい。高速道路最高地点を考慮しながら輸送し、航空機は直行便利用を考慮する必要がある。

航空機の減圧についての日通総研のレポート(2011)によれば、貨物専用機（アントーノフ：ロシア製軍用機）で6月期に2回輸送した事例では、相対湿度は0%近く、温度は11.5℃まで低下し、最低気圧は377mmHg（約0.4気圧）まで低下したと報告している。

航空貨物は貨物専用機でなければ、通常航空機の荷室は一般旅客室と同程度の0.8気圧程度に調圧されている。しかし気圧の低下は急激でありペットボトルなどと同じように対象物によっては大きな影響を受けると考えられる。

3.1.4 温度・湿度・気圧

ダミー（ハンドキャリー）を含むイチゴ及び甘藷のタイ向け輸送時の温度・湿度・気圧のデータを Table 3 に示した。前述のように青果物では輸送中の外部温湿度の変化及

○2013 Sweet Potato(Kanta-kun) 5kg/p

Air Pressure	Data	Time	Date
MAX	1023.6	1:09:52 AM	2013/11/27
MIN	808.4	12:14:52 PM	2013/11/27
AVG	1008.0		
hPa			
Temperature			
MAX	27.0	5:01 PM	2013/11/30
MIN	4.8	9:39 AM	2013/11/29
AVG	11.2		
℃			
Relative Humidity			
MAX	98.5	1:14 PM	2013/11/30
MIN	54.6	11:13 AM	2013/11/24
AVG	75.5		
%RH			

From 2013/11/24 to 11/30

*DT174B

○2012 Strawberry(SAGAHONOKA) 5kg/p

Air Pressure	Data	Time	Date
MAX	1029.7	9:22:05 PM	2012/12/1
MIN	809.4	3:36:05 PM	2013/12/3
AVG	1013.9		
hPa			
Temperature			
MAX	23.2	11:04 AM	2012/11/29
MIN	2.5	10:11 AM	2012/11/30
AVG	11.2		
℃			
Relative Humidity			
MAX	94.7	1:14 PM	2013/11/30
MIN	46.8	11:13 AM	2013/11/24
AVG	70.5		
%RH			

From 2012/11/29 to 12/04

*DT174B

○2014 HANDCARRY(Dummy) 5kg/p

Air Pressure	Data	Time	Date
MAX	1036.5	5:36:50 PM	2014/1/19
MIN	815.0	4:49:50 PM	2014/1/21
AVG	1012.7		
hPa			
Temperature			
MAX	25.7	11:04 AM	2014/1/23
MIN	-6.9	10:11 AM	2014/1/20
AVG	19.9		
℃			
Relative Humidity			
MAX	61.4	1:14 PM	2014/1/19
MIN	40.2	11:13 AM	2014/1/19
AVG	48.3		
%RH			

From 2014/01/14 to 01/26

*DT174B

び青果物自体からの蒸散による水分の減耗を考慮する必要がある。イチゴも甘藷も従来から短期輸送を前提とした密封化を伴わない簡易包装の国内パッケージで輸出されている。しかし、航空機輸送では輸送期間が短い、気圧の低下や外部の温湿度変化等国内輸送とは異なる条件を考慮し、MA包装など鮮度保持包装の導入や防湿対策を行うことが必要である。その場合段ボールの吸湿性も考慮する必要があると考える。

3.2 振動・衝撃

2カ年の調査では産地から空港直送した甘藷（甘太くん：べにはるか）を除き、産地から福岡市までは宅配便を利用した。これまでの調査では、振動のほとんどはトラック等の通常走行で得られる5~6G以下の衝撃であるが、それを越える衝撃は国内に集中する傾向であった。前報同様に宅配便を利用したルートでは、国内の振動衝撃が頻度・衝撃の大きさともに航空機の輸送期間中の振動衝撃を上回る傾向があった。

国内の振動衝撃を Fig. 17 に示した。パレット積でないバラ積み貨物で XYZ 方向を固定できないため、衝撃 (G) を合成ベクトルで示した。大分県内で最高値 8.24G、福岡県内で 15.95G であった。これは宅配ステーションでの貨物の積替えによるものと推定され規模の小さいステーションよりも、基幹店とされる各県の中核となる配送システムの中心に位置する基地での衝撃が大きいと考えられた。

これについては、宅配便の集配を効率的に行うための特有のシステムに起因することを齊藤¹⁾らが報告している。宅配便では各県に 1 箇所程度設置されている基幹店とその下のより集配先に近いように細かく配置されたステーションがある。直線的に配送先に近いステーションであっても、システム上は基幹店に集められ、仕分けされる。仕分けされたものは深夜に移動することが多いようである

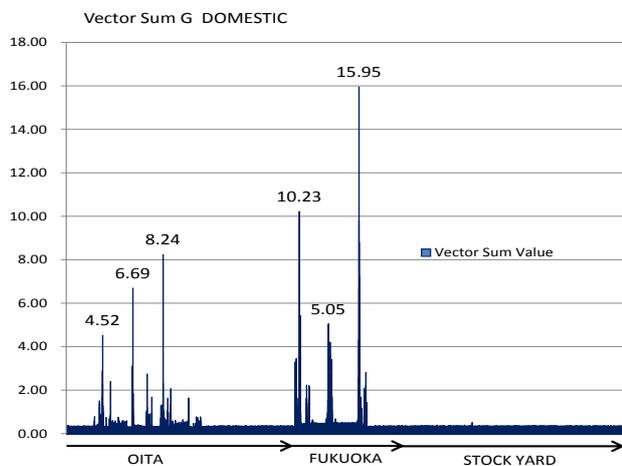


Fig. 17 国内の振動衝撃 (ベクトル合成)

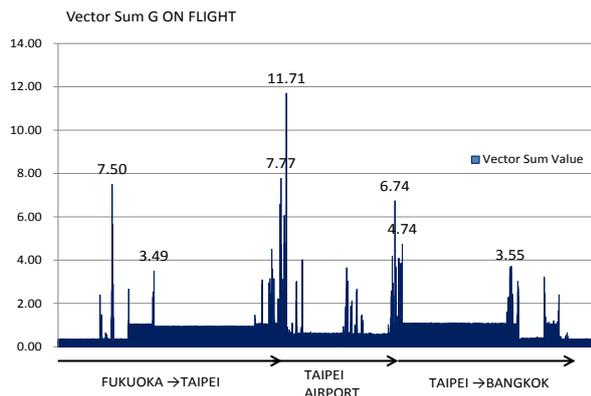


Fig. 18 航空機の振動衝撃 (ベクトル合成)

が、そうした積替時に衝撃機会が多いと考えられる。Fig. 18 は台北経由時の振動衝撃を示したものである。最も大きな衝撃は、福岡を離陸して中継地の台北桃園国際空港に着陸した際に記録されている。この時の衝撃は 11.71G が最大である。タイに着陸した際はこれよりも小さい 3.55G であることから、着陸時の接地衝撃ではない可能性

もある。台北経由に際して換機しているため積替えがあったため、その際の貨物移動による衝撃とも考えられる。こうした積替え時には予想できない大きな衝撃が加わる可能性があり、こうした意味でも積み替え回数の縮減が貨物に与える振動衝撃の軽減につながる。

Table 4 ダミー輸送の振動衝撃 (2014)

Start Time	11:39 AM	2014/1/14
End Time	12:55 AM	2014/1/22
Sampling rate	3 sec	
Samples	73519	
X Max	3.70 g	1:17 PM 2014/1/21 on Flight
Y Max	11.25 g	12:55 AM 2014/1/22 Thailand
Z Max	8.96 g	9:59 PM 2014/1/19 Japan
Vector Sum Max	15.95 g	12:33 AM 2014/1/20 Japan
X Min	-15.42 g	12:33 AM 2014/1/20 Japan
Y Min	-7.73 g	4:09 PM 2014/1/19 Japan
Z Min	-9.23 g	1:24 PM 2014/1/21 on Flight
Vector Sum Min	0.05 g	1:52 AM 2014/1/21 Japan

*DT178A

3.3 宅配便の振動衝撃



Fig. 19 標準ラック



Fig. 20 保冷ラック

宅配便は Fig. 19 や Fig. 20 に示した専用のラックで複数の貨物をまとめて輸送を合理化している。またステーション間で荷捌きを合理化しており、通常各県に 1 つ設置されている基幹点を中心にピラミッド型に配置されている。

Fig. 19 の振動吸収車輪のないラック移動は 1G 以下の軽振動と段差などで生じる 5G 前後の衝撃要因と考えられる。

また、宅配便小ロット輸送の場合パレット積付けを行わないことが通例であるため貨物の上下転倒が容易に起こる。このためイチゴの平詰めバックや 2 段詰めバックでは転倒対策を施しておかなければ、トレイ内で「玉おどり」という配列乱れが起きる上、果実が傷む。

小ロット輸送はサンプル提供やプロモーションには欠かせないが、小ロットゆえの振動衝撃の課題も多い。従って振動衝撃機会を減じ、温湿度の変化による傷みを避けるためには、緩衝包装を輸送ルートと条件に最適化し、産地直送を基本に、タイルートでは直行便を利用することが望ましい。

緩衝包装については、小ロットとパレット積付けで分け、更に航空輸送とコンテナ輸送で分けて対策することが必要と考えられた。