

## 連載講座

容器・包装の基礎と応用

## 基礎編 (8) 包装が支える物流

小坂 正実

## はじめに

製品を販売あるいは利用するためには製造された所から消費される所まで移動させる必要があります。その製品を移動させる様々な手段を包括して、物流と呼ばれています。ほとんどの商品は製造された状態では移動させられないものがほとんどです。移動させられる状態にして、最終消費地まで品質を維持して届くようにするために、内容品を保護するためにあるものが包装です。

包装のない物流としては、ばら積み貨物（バルクカーゴ）もありますが、それ以外の物については、物流と包装というのはかなり密接な関係にあり、相互に作用し合うものです。

## 1. 物流という言葉

「物流」は Physical distribution の訳語です。元々は1900年代初頭にマーケティング分析の中で使用され、大陸横断鉄道の完成、スーパーマーケットの誕生など、ただ単に2つの地点間を輸送（shipping）するだけでなく、集配機能も含めた運搬を指す言葉として使用されるようになった。

日本では1960年代に国内での経済発展に伴

い「物的流通」という訳語として、その概念とともに使用されはじめ、1970年代になると「物的流通」が省略され「物流」という言葉が使用され定着しました。

「物流」は JIS Z 0111:2006物流用語において以下のように示されています。

## 物流

物資を供給者から需要者へ、時間的及び空間的に移動する過程の活動。一般的には、包装、輸送、保管、荷役、流通加工及びそれらに関連する情報の諸機能を総合的に管理する活動。

調達物流、生産物流、販売物流、回収物流（静脈物流）、消費者物流など、対象領域を特定して呼ぶこともある。

物流に含まれる諸機能の用語としては以下のようなものがある。

## 1-1 輸送

貨物をトラック、船舶、鉄道車両、航空機、その他の輸送機関によって、ある地点から他の地点へ移動させること。



Masami KOSAKA

1977年3月 国立明石工業高専機械工学科卒業  
 1977年3月 榎谷包装産業株式会社入社  
 1979年4月 同包装研究所配属  
 1992年10月 同生産本部生産技術課  
 1998年10月 同包装開発研究所所長  
 2006年12月 タルタニバック株式会社

2015年11月 包装開発研究所所長  
 同技術顧問  
 2017年9月 同技術顧問退任  
 現在 日本包装コンサルタント協会会員  
 近畿包装研究会副会長  
 大阪紙器工業株式会社技術顧問

### 1-2 保管

物資を一定の場所において、品質、数量の保持など適正な管理の下で、ある期間蔵置すること。

### 1-3 荷役（にやく）

物流過程における物資の積卸し、運搬、積付け、ピッキング、仕分け、荷ぞろえなどの作業及びこれに付随する作業。マテリアルハンドリングともいう。

### 1-4 流通加工

流通過程の倉庫、物流センター、店舗などで商品に加工すること。

生鮮食品又は繊維品の二次加工、小分け商品化包装、値札付け、鉄鋼・ガラスなど生産財の裁断、注文に対応する機器の組立て・組替え及び塗装替えなどをいう。

## 2. ロジスティクス

1990年頃からは、ロジスティクスという用語も使われるようになりました。

ロジスティクスとは、元々は軍事用語で兵站学とも言われ、戦闘地帯から後方の軍の諸活動・機関・諸施設を総称したもので、ただ単に前線に物資を補給するだけでなく、補給線を確保するための施設やその運用をもって作戦に必要な物資を送るための思想といえるものです、自衛隊では同様の活動を後方支援と呼んでいます。

第2次大戦中に高度に発達したロジスティクスは戦後になって民間の企業経営の中に導入され、物流を管理、運用する技術として発展してきました。

JIS Z 0111:2006物流用語では

ロジスティクス：logistics

物流の諸機能を高度化し、調達、生産、販売、回収などの分野を統合して、需要と供給との適正化を図るとともに顧客満足を向上さ

せ、併せて環境保全、安全対策などをはじめとした社会的課題への対応を目指す戦略的な経営管理。

とされ、物流の概念を拡張し、販売情報などとも統合したものとして使用されています。

## 3. 包装と物流

包装は JIS Z 0108：2012包装用語において以下のように示されています。

### 包装

物品の輸送、保管、取引、使用などに当たって、その価値及び状態を維持するための適切な材料、容器、それらに物品を収納する作業並びにそれらを施す技術又は施した状態。

物流にあって、包装にないものは「使用」です。輸送、保管、取引といった機能は物流の機能でもあります。これらに関わる包装材料や作業、技術については、物流とも密接な関連性があり、物流を考える上で重要な機能でもあります。

消費者包装と呼ばれる物品などについて消費者の手元に渡るために施す包装を考えると、製造から小売までの間は物流に含まれ、小売から先は包装独自の機能ということになります。

輸送包装と呼ばれる、輸送を目的として物品に施す包装は、ほとんどが物流に含まれる機能となります。

## 4. 物流に対する包装の役割

物流に対しての包装の役割としては物流過程において、物品の価値及び状態を維持することであり、それらのための材料、容器、作業や技術ということです。

物流における輸送は、一部の例外を除き既存の輸送機器を用いて輸送を行い、輸送物品

に対する特定の条件で輸送される例は多くありません。もちろん冷凍品輸送に対する、保冷車や冷凍倉庫、青果物に対する貯蔵施設といったような例はありますが、それも特定の物品に最適化されたものではありませんので、輸送、保管にあたっては何らかのリスクが残存します。その残存するリスクを軽減する、あるいは除去するのが包装としての役割だと考えられます。

また、包装にはそのような保護性だけではなく、流通加工及びそれらに関連する情報の諸機能を総合的に管理する活動に対して製品情報を提供する機能もあります。

包装物に対して施される印刷は包装物の内容を表示する役割もあり、近年ではバーコードを用いた物流センターでの仕分けやPOSレジでのスキャナー入力は現在の物流システムの中では非常に重要な要素となっています。

裸包装と呼ばれるような、包装材料を使用せず、テープやバンドで結束されただけの一見包装されていないと言えるようなものでも、商品の便利性、識別を行うという意味では包装物になります。

## 5. 包装に関連する物流上のリスク

物品の価値及び状態を維持するとは、逆に言えば、物品の価値及び状態を毀損する影響を排除、あるいは低減することだと言えます。輸送、保管、荷役といった中で、物品に影響を及ぼすリスクとして、まず考えられるのが外力によるリスクです。

物流環境としての外力として、動的な衝撃、振動によるもの、静的な荷重として積重ね保管時の圧縮荷重のようなものが考えられ、物流中で加わる外力を、物品に許容される程度の外力に軽減するのが包装の役割であり、緩衝包装設計技法です。

こうした緩衝包装設計技法としては包装材料の特性を用いて設計されることが多いので

すが、その評価を行う場合には実際に加わる外力を想定した試験や輸送試験により検証されます。

## 6. 評価試験

こうした包装に及ぼす外力の影響を評価するために JIS においては包装容器及び容器に対する各種の試験方法が規定されています。

代表的な試験方法としては、圧縮試験、落下試験、振動試験があります。

### 6-1 圧縮試験

JIS Z 0212として包装貨物及び容器－圧縮試験方法が規定されています。

この試験方法は、物流過程において包装貨物及び容器が下積みになったときの圧縮強さの試験に適しています。

2枚の圧縮盤の間に試験品を置き、圧縮盤の間隔を毎分10mmの速度で狭めることにより荷重を加えます。

目的によって内容品の損傷状況を調べるための包装をした状態で行う方法と容器そのものの強さを確認するための空容器で行う方法があります。

### 6-2 落下試験

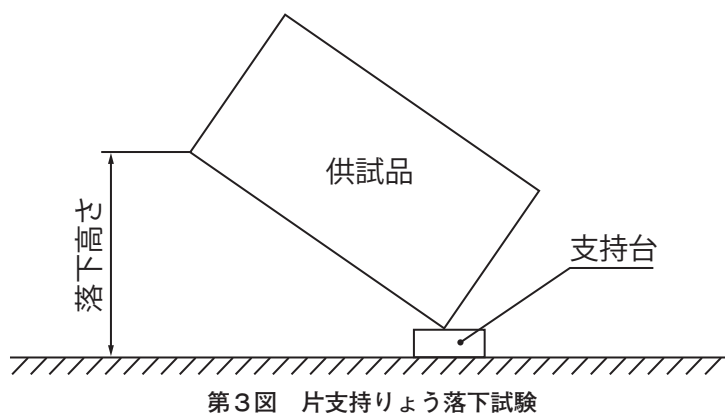
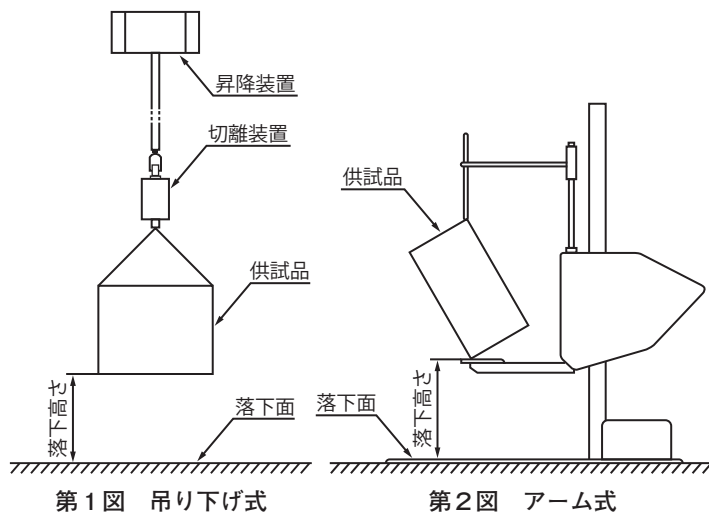
JIS Z 0202として包装貨物－落下試験方法が規定されています。

輸送過程で落下衝撃を受ける包装貨物を想定した試験です。この規格には、垂直自由落下試験方法以外に片支持りょう落下試験方法及び衝撃試験装置による等価落下試験方法を含んでいます。

#### 1) 垂直自由落下試験

落下試験としては最も一般的な方法です。一定の高さから包装貨物を落下させその損傷状況を調査します。落下回数や落下姿勢はその包装貨物の想定される物流環境に応じて決定します。

落下試験機の例を以下に示します。



## 2) 片支持りょう落下試験

人力で荷役できない程度の大きさや質量の包装貨物に対して機械荷役を想定した試験で、一つのりょうを支持台で支え、もう一方のりょうを規定の高さに持ち上げ落下させます。

## 3) 等価落下試験

2017年の規格改正で追加された試験方法で、衝撃試験装置を用いて、垂直自由落下試験と等価な衝撃を包装貨物に発生させる試験。

緩衝包装を施した包装貨物に適用される。垂直自由落下試験に比べ安定した落下姿勢を

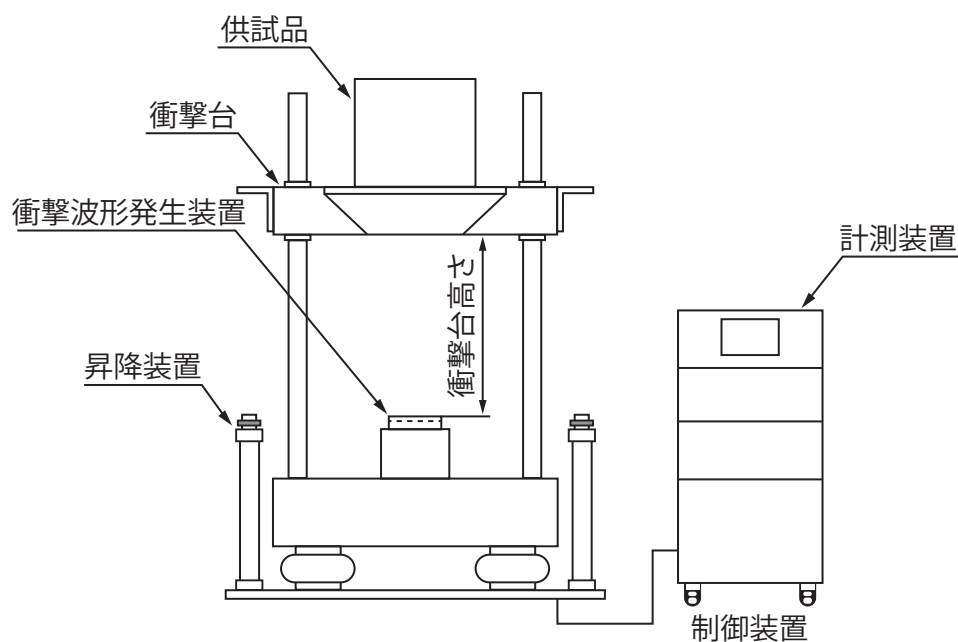
保つことができます。

実際に包装貨物を落下させるわけではありませんが、衝撃試験装置によって加えた衝撃を垂直自由落下試験における落下高さに換算します。

衝撃が加わった際の加速度を計測できる装置が実用化されたために可能となった試験方法ですが、まだ一般的な試験方法ではありません。

## 6-3 振動試験

包装貨物がトラックや鉄道等の輸送機関で運ばれる時に道路やレールから連続して受け



第4図 衝撃試験装置

る衝撃やエンジンやタイヤによる振動等を再現するための試験です。

JIS Z 0232に包装貨物－振動試験方法が規定されています。

規定されている方法は垂直振動のみで水平方向の振動に対しては規定されていません。

過去には一定の周波数で一定の振動を与える試験が一般的でしたが、最近の試験機や加速度センサーの進化により、振動試験の規格もそのような状況に合わせて、改定され現在では、ランダム振動試験、正弦波対数掃引振動試験が規定されています。

#### 1) ランダム振動試験

実際の輸送振動環境を最も適確に再現する方法であり、正弦波対数掃引振動試験よりも優先することが望ましい。

実際の輸送でも走行中のトラックのタイヤには、路面の凹凸が振動として伝わり、その振動がタイヤ、サスペンションを経由して、荷台に伝わる。路面の凹凸は不規則（ランダム）であるから、荷台の振動は典型的なラン

ダム振動になります。

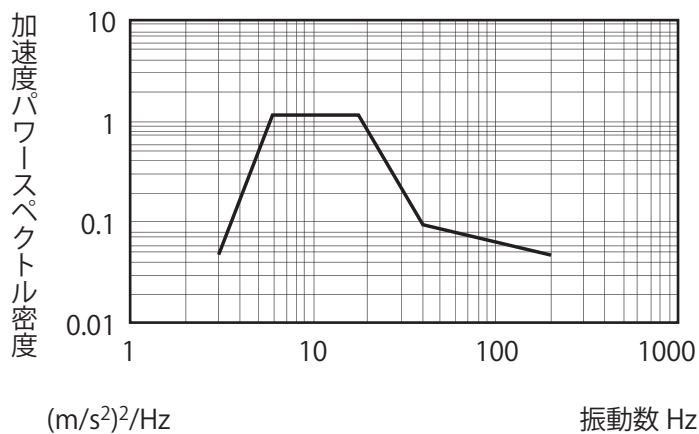


第5図 ランダム振動波形の例

ランダムとはいえ全く不規則ではなく、数学的に解析すれば様々な周波数の組み合わせとして近似できます。輸送中の振動は特定の周波数範囲では大きな振幅で別の周波数範囲では振幅が小さいというような事になっています。そこでランダム振動試験では加速度パワースペクトル密度によりその振動を再現します。

#### 2) 正弦波対数掃引振動試験

ランダム振動試験が可能な試験装置を利用



第6図 振動試験に用いられるパワースペクトル

できない場合には、振動数を対数掃引させる試験方法を適用します。試験はあらかじめ定めた垂直振動レベルで、振動数3～100Hzの間、毎分1/2オクターブの速度で往復掃引して、あらかじめ定めた時間を継続します。

音で言えば、ノイズでなく音階をなめらかに上下するように周波数を変化させる振動を加えます。

## 7. 性能試験方法一般通則

前項に述べた試験について、物流環境による試験条件を決定する規格として JIS Z 0200 包装貨物－性能試験方法一般通則が規定されています。

この規格に沿って試験計画を作成し実施すれば、同じような環境で使用される包装貨物は同じようなレベルで評価出来ることになります。

### 7-1 振動試験

輸送条件によって第1表に示すように3段階のレベルに区分されており、その目安が示されています。

第1表 振動試験の区分

| 区分   | 区分の目安                                        |
|------|----------------------------------------------|
| レベル1 | 非常に長い運搬距離（2,500km以上）又は輸送基盤が劣悪な条件であることが予想される。 |
| レベル2 | 長距離の国内輸送又は国際輸送で、温帯気候における適切な輸送が行われる。          |
| レベル3 | 短距離の国内輸送（200km以下）で、特定のハザードがない。               |

この目安については、この区分に規定されている距離は航空機及び船舶による輸送は輸送距離に含めない、とされていますので、日本国内の輸送ならレベル2あるいはレベル3を適用することになります。

レベル1は距離で見るとアメリカ大陸を横断するような輸送や、シベリア鉄道での輸送、あるいは開発途上国での陸上輸送等が該当すると考えられます。

このレベルに対する振動試験条件は第2表のように規定されています。

第2表 ランダム振動試験の試験時間

| 試験時間   |     |    |    |
|--------|-----|----|----|
| レベル    | 1   | 2  | 3  |
| 時間 min | 180 | 90 | 15 |



振動試験はランダム振動試験が原則で、ランダム振動試験装置を利用できない場合は、正弦波対数掃引振動試験によってもよいとされています。振動試験の条件は JIS Z 0232 包装貨物－振動試験方法の附属書 A 表 1 及び附属書 A 図 1（6－3 章 1）項で解説した条件）に規定されているものを使用することになっており、同じ加速度パワースペクトル密度を用い、レベルに応じて振動時間を変化させることになっています。

## 7－2 衝撃試験

この規格では衝撃試験という項目で落下試験を行います。

荷役方法によって、人力による荷扱いの場合は自由落下試験を行い、機械による荷扱いの場合は片支持りょう落下試験あるいは水平衝撃試験及び落下試験を選択します。

また荷役条件によって第 3 表に示すように 4 レベルに区分されています。

第 3 表 衝撃試験の区分

| 区分      | 区分の目安                           |
|---------|---------------------------------|
| レベル I   | 転送積み替え回数が多く、非常に大きな外力が加わるおそれがある。 |
| レベル II  | 転送積み替え回数が多く、比較的大きな外力が加わるおそれがある。 |
| レベル III | 転送積み替え回数及び加わる外力が、通常想定される程度である。  |
| レベル IV  | 転送積み替え回数が少なく、大きな外力が加わるおそれがない。   |

自由落下試験の落下高さについては、包装物の質量とレベルにより第 4 表を用いて決められます。

第 4 表 落下高さ（自由落下試験）

| 総質量 kg     | 落下高さ cm |        |         |        |
|------------|---------|--------|---------|--------|
|            | レベル I   | レベル II | レベル III | レベル IV |
| 10未満       | 80      | 60     | 40      | 30     |
| 10以上 20未満  | 60      | 55     | 35      | 25     |
| 20以上 30未満  | 50      | 45     | 30      | 20     |
| 30以上 40未満  | 40      | 35     | 25      | 15     |
| 40以上 50未満  | 30      | 25     | 20      | 10     |
| 50以上 100未満 | 25      | 20     | 15      | 10     |

また落下姿勢、落下回数については第 5 表のように決められています。

第 5 表 直方体容器の落下順序及び落下回数

| 落下の順序 | 落下の箇所          | 回数 |
|-------|----------------|----|
| 1     | 底面に接する角（かど）    | 1  |
| 2     | 底面とつま面とに接するりょう | 1  |
| 3     | 底面と側面とに接するりょう  | 1  |
| 4     | 側面とつま面に接するりょう  | 1  |
| 5～10  | 6 面全て          | 6  |
|       | 計              | 10 |

機械による荷役の場合は方法 A として片支持対りょう落下として落下高さ第 6 表のように決められています。

方法 B は実施例が少ないので省略します。

第 6 表 落下高さ（片支持りょう落下試験）

| 総質量 kg       | 落下高さ cm |        |         |        |
|--------------|---------|--------|---------|--------|
|              | レベル I   | レベル II | レベル III | レベル IV |
| 200未満        | 50      | 40     | 30      | 20     |
| 200以上 500未満  | 40      | 30     | 20      | 15     |
| 500以上 1000未満 | 30      | 20     | 15      | 10     |

第7表 負荷係数

| 保証レベル   | 1    |           |              | 2    |           |              | 3    |           |              |
|---------|------|-----------|--------------|------|-----------|--------------|------|-----------|--------------|
| 保管条件    | 管理悪い | 期間<br>6ヵ月 | 湿度<br>90% RH | 管理普通 | 期間<br>3ヵ月 | 湿度<br>75% RH | 管理良好 | 期間<br>1ヵ月 | 湿度<br>50% RH |
| 荷重係数    | 2.0  | 1.9       | 1.9          | 1.5  | 1.8       | 1.4          | 1.4  | 1.7       | 1.0          |
| 負荷係数 a) | 7.2  |           |              | 3.8  |           |              | 2.4  |           |              |

注記 保管条件がある程度想定できる場合は、荷重係数の組合わせを変更して受渡当事者間で負荷係数を求めてよい。

注 a) 負荷係数 K は、各保管条件の荷重係数を乗じたものである。

例えば、保証レベル1の場合には、 $K=2.0 \times 1.9 \times 1.9=7.2$ となる。

なお、この負荷係数は保管期間、湿度などの保管条件によって圧縮強さが変化する段ボールなどの紙製包装を対象にしている。保管期間、湿度などの影響を受けない包装に適用することは適切でない。

### 7-3 圧縮試験

圧縮試験は剛性のある包装容器を想定して規定されています。

圧縮方向は積重ね方向の対面とし、圧縮速度を毎分10mm±3mmとして、次の式によって算出した荷重を加え、直ちに取り外します。

$$F = 9.8 \times K \times M \times n$$

ここに、

F：荷重 (N)

K：負荷係数

M：供試品の総質量 (kg)

n：流通時の最大積重ね段数<sup>1)</sup>

注<sup>1)</sup> 最大積重ね段数とは、最下段を含まない最上段までの段数をいう。

負荷係数は保管条件の程度によって第7表に示すように3段階に区分されますが、保管条件がある程度想定できる場合は、荷重係数の組合せを変更して受渡当事者間で負荷係数を求めることも可能です。

この負荷係数は注記にあるように、紙製包装を対象にしたものであり、プラスチックコンテナのように湿度などの保管条件の影響を受けないものについては、別に負荷係数を定める必要があります。

これらの評価試験を活用して包装設計を行

うことにより、物流において物品の価値を損なうことのない包装仕様を決定することになります。

## 8. その他の物流条件

前項で述べたような評価試験は主に物理的な外力によるものに対してのものですが、物流の包装リスクとしてはこういったものの他に、温度変化や化学的汚染、物流に要する期間、あるいは内容品自身の変質等のリスクが考えられます。

これらに対しては、輸送、保管環境、あるいは包装材料の機能性付与、あるいは包装充填作業として対応され、最終的には物流において品質保持期間の延長など物流品質の改善とも密接に関係しています。

## 9. GDPガイドライン

医薬品と物流、包装で避けて通れない話題としては、2018年12月28日付で出された医薬品の適正流通（GDP）ガイドラインではないでしょうか。

この中でも輸送について医薬品を破損、品質劣化及び盗難から保護し、輸送中の温度条件を許容可能な範囲に維持することは卸売販売業者等の責任である、と具体的な温度管理が要求されています。



個々の医薬品ごとの温度条件を維持することは、温度帯の異なるものが多く、物流設備だけでの対応が難しいものがあります。

また保管場所、輸送車両等への温度マッピング、センサーの設置、バリデーション等も要求されており、こうした面でも小さなロットに対して細かな温度帯管理の出来る容器として、包装の流通上での役割も重要になって来るのではないかと考えられます。

### 参考文献

- 1) ロジスティクス概念について (2) 野村 宏  
流通経済大学流通情報学部紀要 (1998-03)
- 2) JISZ 0212:1998 包装貨物及び容器－圧縮試験方法
- 3) JIS Z 0202:2017 包装貨物－落下試験方法
- 4) JIS Z 0232:2004 包装貨物－振動試験方法
- 5) JIS Z 0200:2013 包装貨物－性能試験方法一般通則
- 6) 医薬品の適正流通 (GDP) ガイドライン  
平成30年度厚生労働行政推進調査事業