



# しるじたす

株式会社日通総合研究所 〒105-8322 東京都港区東新橋一丁目9番3号  
http://www.nittsu-soken.co.jp

段ボール箱が輸送中に潰れるわけ.....	1
スイスポスト: .....	2
超高効率性を目指しイノベーションへ投資	
【連載⑩】新興国の物流最前線.....	4

## Logistics Report

### 段ボール箱が輸送中に潰れるわけ

第6回記事の最後に、「包装材や梱包材の水分量に関しては圧力の強度に影響する」と記しましたので、本稿では輸送中に湿度によって段ボール箱が潰れるメカニズムについて解説したいと思います。

段ボール箱が潰れるのは、強度不足が原因ですが、なぜ「強度が不足する」という事態になるのでしょうか。段ボール箱の強度は、原料であるクラフト紙の量（重いほど強い）と、「中しん」と呼ばれる中間に挟まれた紙の波の数、「シングル（正式名、両面段ボール）」や「ダブル（正式名、複両面段ボール）」と呼ばれる重ねた層の数、段ボール箱の縦、横、高さの寸法により決定されます。つまり、パレットに積み付けられて輸送される場合、1パレットに何段段ボールを積み、保管時に何パレット積むかがわかれば段ボール箱強度は設

計でき、安全に輸送することができます。

しかし、皆さんもご存じのように、段ボール箱は大変水（湿度）に弱く、水分を含む量（含水率）と相対湿度によって、その強度は大きく左右されます（図1）。

図2は、段ボール箱の水分が高くなるほど箱圧縮強度が低くなることを示しています。4本の線は、異なる段ボール種別ごとの強度差を示していますが、種別に関係なく一様に劣化することが解ります。段ボール箱は、含水率が8~9%の時に最も高い強度を示していますが、夏季や海上コンテナ輸送時など、相対湿度が80%を超える状況になると含水率は15%を超え、強度は半分以下に劣化してしまいます。

この他、段ボール箱はパレットへの積み付け方によっても強度が落ちることが知られています。段

積み付け方として、「交互積み」（図4）や「レンガ積み」、「回し積み」などの積み付け方があります。

段ボール箱は、まっすぐ積み重ねた状態を強度100%とした場合、約13mmズレることによって強度が29%劣化します。倉庫内の適正な環境で保管された「棒積み」でズレが起きた場合は12~21%の劣化ですが、「交互積み」でズレが起きると、実に54~61%も劣化します。湿度により強度が半分以下に劣化した段ボール箱が、積み付け方でさらに強度が落ちてしまうこととなります。「棒積み」は安全率で対処できる範囲内かと思いますが、海上コンテナを使って輸出する場合、上記のようなダンボール箱の強度劣化を考慮して、段ボール箱の設計およびパレット積み付けの設計をしなければなりません。

段ボール箱の強度特性を知らずに、コスト面だけを考慮して安い物に変えてしまうと、材質を落とさざるを得なくなり強度が劣化して荷物が潰れてしまうという事態に陥るので、注意が必要です。

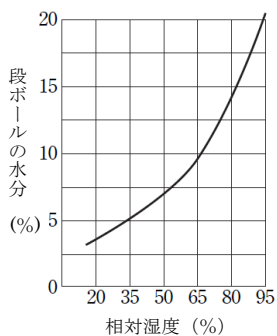


図1：空気中の相対湿度と段ボールの水分との平衡地  
出所：包装管理士講座/  
専門科目：輸送包装コーステキスト

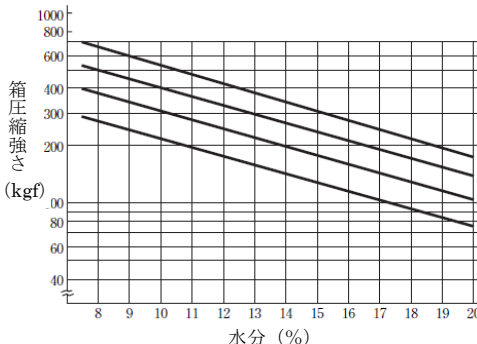
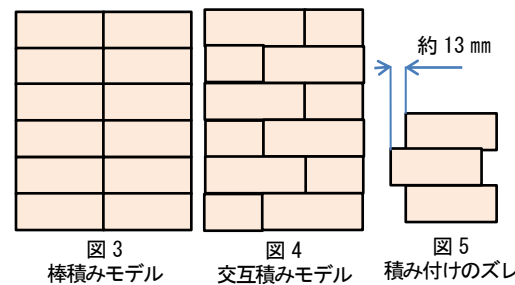


図2：段ボール箱の水分と圧縮強さの関係  
出所：包装管理士講座/  
専門科目：輸送包装コースのテキスト

ボール箱は箱全体に均等に荷重が掛かる前提で強度を設計しています。したがって「棒積み」（図3）が最も強いこととなります。

これに対し、荷崩れを防止するためによく用いられる

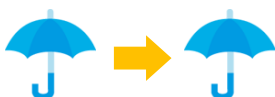


佐藤 信洋 経済研究部 担当部長

### 企業物流短期動向

2016年3月調査における国内向け出荷量『荷動き指数』（速報値）をみると、2016年1~3月実績では△10で、前期（2015年10~12月）実績から8ポイント下落し、この結果、『荷動き指数』は8四半期連続のマイナスとなりました。

2002年の本調査開始以来、『荷動き指数』が8四半期連続でマイナスとなったのは、サブプライム・ローン問題を発端とした世界金融危機の渦中にあった2008年から2009年にかけての1度だけです。当時は、2009年1~3月に『荷動き指数』が△75まで下降し、荷動きの急激な収縮が発生いたしました。今回はそこまでの下落幅とはなっていませんが、2年もの長期間に亘ってマイナスが続いているのは気がかりです。『荷動き指数』の動きから、日本経済が「景気後退局面」入りしている可能性も否定できません。景気後退か否かの判断は、①期間の長さ、②落ち込み率の深さ、③後退の波及度の3つの材料により行われますが、『荷動き指数』の動きをみる限りでは、①および②の条件が満たされているからです。



【国内向け出荷量の見通し】

# News Pickup

## 日本でも実用化に向けて実証実験されるドローン。スイスでの実験結果は如何に!?

2月、東京にて運輸政策研究機構（運政研）の国際問題研究所が主催する「ドローンと交通に関する国際セミナー」が開催されました。その中でスイスのスイスポスト社から「ドローンによるラストマイル配送実験」についての発表があり、大変興味を持ちました。その後3月にドイツのハノーファーで開催されたIT関連の展示会「セビット（CeBIT）」でも同社が講演&ブース出展しており、話を聞けましたのでご報告いたします。

### ✚ スイスポスト: 超高効率性を目指しイノベーションへ投資

#### ◆スイスとスイスポスト社について

まずはスイスという国についておさらいしておきます。スイスは欧州の中央部に位置する内陸国で、その面積は4.1万km<sup>2</sup>と九州より少し小さい位です。「アルプスの少女ハイジ」のイメージさながらに、国土の大半が高原もしくは山岳地帯で、特に南部のイタリア国境・フランス国境はアルプス山脈になっており、急峻な山々が見られます。人口は2014年のデータで824万人（九州は1,300万人）となっています。

「日本郵政グループ」とほぼ同様の企業と位置付けられるスイスポスト社は、スイス政府が保有する国営企業で、同国最大のロジスティクス企業です。日本では日本郵便が郵便事業を手掛け、離島・山間部などの過疎地も含めた全国均一のサービス（ユニバーサルサービス）の提供義務がありますが、スイスポスト社にも同じ義務があります。スイスには離島はありませんが、多数の人里離れた山村があり、そこへも郵便物や小口貨物を届けなければなりません。

一方で、スイスの物価と人件費の高さは北欧諸国と並んで世界トップクラスです。また、日本同様に人口の高齢化に直面しており、将来的に配送ドライバーの成り手がいるのかも心配されています。そして同社の売上の源泉である郵便物の数は年々



写真1: 自動運転シャトル  
出所: スイスポスト社プレス資料

減少しているにも関わらず、E コマース（EC）事業者による物流業参入などにより、競合の脅威は増える一方です。そこで同社は、「イノベーション」に投資することで競合の先を行く戦略をとりました。「Super Productive & Lean（超高効率性の追求）」というスローガンの下、ビッグデータ（IoT）、ドローン、自動運転シャトル（写真1）、スマートボタン、インテリジェント・センサーなどの自動化技術を実験しています。CeBITの講演では「技術はもうある、あとは実行するのみ」という力強いコメントがありました。

#### ◆ドローン配送実験

ドローンによるラストマイル配送実験は、山村への自動配送を中心に、2015年7月からスイスのジーランド地区で行われています。同社の他、スイス航空のカーゴ部門であるスイス・ワールド・カーゴ社も実験に参加し、米国シリコンバレーのマターネット社（Matternet）のドローン機（写真2）を使用して行っています。

プロペラが4つのクワッドコプターで、運ぶ重量は1kgまで（手紙と小口貨物）、飛行距離は10kmです。ただし、配送後は帰還しなければならないため、目的地への片道は半分



写真2: ドローン機（片手で持てる）  
出所: スイスポスト社プレス資料

の5kmまでとなります。飛行時の最高時速は40km/h。基本的に自律飛行（Autonomous flight）しますが、スマートフォンの操作アプリも開発されており、離着陸などの指示は地上から出せます。現在位置の確認やルート追跡なども、スマートフォン上で行うことができます。

なお、2月のセミナーでも話題になったドローン飛行に関する法制化（法規制）については、各国対応中です。スイスでも同国の航空局（FOCA）の指導により、空港付近は飛行禁止、FOCAの事前許可がなければ人口密集地などは飛ばしません。

#### ◆実験結果と今後のプラン

これまでの実験では往復9.5kmまでの配送に成功し、ドローン自体の不具合や衝突事故は一度もなかったとのこと。同社は半年間の実験結果に満足し、さらなる実験継続を決定しました。この結果はスイス国内のみならず欧州の様々なメディアで伝えられ、消費者に良い印象を与えた模様です。

同社が見据えている近い将来のドローン活用法は、前述した①「山岳地帯の配送」と、②「緊急性があるメディカル品（医療・医薬品）配送ネットワークの構築」です。

まず①「山岳地帯の配送」ですが、現在は最寄りの街から山村にトラックで小口貨物を引き取りに行き、また街に戻ってくるまで約2時間掛かっているそうです。小口貨物のみならず、手紙一枚でも取りに行かなければならないため、スイスの高い人件費を考えると、とてもペイしそうにありません。その街と山村の往復の配送をドローンに置き換えることにより、1kmあたりの配送コストを1スイスフラン以下にすることが

新規事業開発室長  
シニアコンサルタント  
坂東 篤



目標とのことです（ちなみに1スイスフランは執筆時点のレートで約115円）。

なお、チューリッヒやジュネーブなどの都市部では、現時点でドローン配送の導入予定はないようです。都市部の配送効率は非常に高いからというのがその理由。スイス最大都市のチューリッヒでも人口40万人程度（周辺地域を含めると約200万人）で、鉄道やトラムなどの公共交通機関も発達しているため、激しい渋滞はあまり発生せず、配送担当者も効率的に動けるのでしょう。

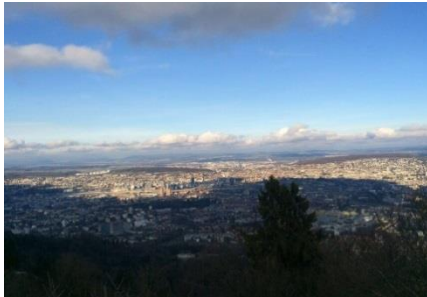


写真3：チューリッヒの街並み

②「緊急性があるメディカル品配送ネットワークの構築」は、スイス国内の医療機関の間で、必要なメディカル品（例えば、インシュリンやワクチン、血液など）を迅速にやりとりする体制を構築したいという発想から企画されました。メディカル品配送については山岳地帯だけでなく、スイス全土のカバーを視野に入れたプランです。計算上は半径300kmで全土をカバーできますが、ベース拠点の数はドローンの飛行可能距離や物量、飛行の頻度などに左右されるため、今後、後述する課題も加味して決められることでしょう。

ではその先はどういう展開になるのでしょうか？スイスポスト社は「EC3.0」と銘打って、新たに発生するであろうECの顧客ニーズに、新た

なテクノロジーで対応しようとしています。「EC3.0」の対象は配送だけではありませんが、ドローンが配送部分の新しいソリューションの担い手の一つとなることは確実です。

EC2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>●マイポスト24</li> <li>●ピック@ホーム</li> <li>●夕方および土曜日配送</li> <li>●携帯ショートメール(SMS)による通知</li> <li>●不在通知のオンライン化</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
EC3.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>●モバイル機器による受発注</li> <li>●同日配送、GPS配送</li> <li>●いつでも、どこでも受取可能 (24時間365日)</li> <li>●1人1人にパーソナリ化された 小口貨物管理</li> <li>●国際越境Eコマース</li> <li>●ソリューション型サービス</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>

表1：EC2.0とEC3.0の違い

### ◆技術革新と課題

ドローン機に関しては、現在使用しているクワッドコプターより強力なヘキサコプター（プロペラが6つ）による実験を行う予定です。クワッドコプターに比べて飛行距離が長くなり、重いものを運べるようになります。すでにプロトタイプ機があり、片道飛行距離30km、運搬重量10kgを目指しているようです。米国でピッキング・ロボットを開発しているベンチャー会社の社長が、あるインタビュー記事で「6kgまで持つことができれば、EC商品の90%がピック可能」と述べていました。ドローンの場合、運搬する物品の形状によって制約はあるものの、10kgまで運搬可能になれば、EC商品でも大半のものが運べることになるでしょう。

メディカル品の中には、厳重な温度管理が必要なものが多々あります。となると、ドローン機もしくは運搬用の箱（写真2の黄色いボックス）にも、温度管理ができる機能を装備しなければなりません。トラック輸送に例えると、冷蔵・冷凍車や保冷・

冷凍ボックスのようなものです。この点に関して、CeBITのブースで開発しているのかどうか聞いたところ、「行っている」と営業マンらしい回答がありましたが、具体的なことは全くわかりませんでした（仮に知っていたとしても「企業秘密」で教えてくれないかもしれません）。

ベース拠点に関しては、ドローン機が自動で電池を交換する機器を導入したいとのこと。「自動充電」ではありません、「自動交換」です。人の手を介さずに自動で電池交換ができれば、一仕事終わったドローン機が夜中に戻って来ても、電池交換後すぐにまた飛び立つことができます。理論的には貨物を配送する目的地までの距離も無制限になります。

では最後に、課題を3点リストアップして報告を終えたいと思います。

#### ●天候

山岳地帯では雪がたくさん降り、吹雪もあるでしょう。そのような過酷な気象状況の中でも安定して飛行、配送することができるか？少なくとも1年間、全ての季節を通して実験しデータを取ることが求められます。

#### ●住民の印象

これまでは好意的なメディア報道が多く、ドローン配送に対する印象は良いようです。しかし、実際に配送が始まり、大きなドローン機が空中に20~30機も飛んでいるとなると、さすがにこれは怖いのでは？という議論が出てくるでしょう。この点はまだ検証、検討が必要です。

#### ●既存のデリバリーチェーンとの統合

全ての配送をドローンで置き換えることはできず、幹線輸送部分のトラック配送はなくなりません。既存のデリバリーチェーンとどのように統合していくかも今後の検討課題です。

## About Us



物流技術環境部  
主任研究員  
中嶋 理志  
(なかじま まさし)

◆出身地：東京都大田区 ◆血液型：O型 ◆趣味：自動車レース、カメラ、音楽  
1986年 東海大学 第二工学部 卒業  
【得意分野】・輸送環境調査・包装材評価、試験

2010年から包装、輸送試験に関する国際規格対応委員会に参加したり、2013年にJISの包装試験の改定委員になったりと、規格原案の作成に携わって早6年が経過しました。これらの規格は、包装の業界だけでなく、包装を使用するメーカーにも不利益が生じないようにすることが重要です。当然、物理的、化学的に正しい裏付けが必要となるため、そこを理解し、解決することが大変です。

昨年はISO780規格の改定委員になり、「ケアマーク」の見直しを行いました。「ケアマーク」は、段ボールなどに貼る取扱注意の指示シールのことです。実は、表記された「画の線の太さ」に意味があったり、「○や×は左右対称でなければならない」などのルールがあり、初めて知ることも多い作業でした。現在もJISが2規格、ISOが2規格の改定中。業界の不利益にならないように留意しながら進めております。



## 欧州最先端の港湾と活況を誇る内陸港湾を視察

前回のロッテルダム港に引き続き、今回は欧州最先端の港湾技術を誇るハンブルグ港と、近年日系企業が進出、活況を呈している内陸のデュイスブルグ港についてご報告します。



図：該当エリアの地図

ハンブルグ港は、北海からエルベ川を約100km遡った地点にある河川港でドイツ最大のコンテナ港湾です。年間コンテナ取扱量は973万TEU

(2014年)で、世界15位。欧州ではロッテルダム港に次ぐ第2の港湾となります。輸出入の主要相手国は中国がダントツで第1位。第2位は、2012年8月にWTOに正式加入したことを受けて、ロシアとなっています。

ハンブルグ港にはコンテナ専用ターミナル(CT)が4カ所あり、中でもCTA(Container Terminal Altenwerder)は、「世界で最も進んだCT」といわれています。自動搬送機(AGV: Automatic Guided Vehicle)、自動スタッキングクレーン(ASC: Automatic Stacking Crane)に加え、ガントリークレーンも半自動化(中央指令室よりコントロール)されており、クレーン1台のコンテナ取扱能力は35~45個/時に達し、48時間で約4,500

個ものコンテナを取り扱うことができます。2002年に自動化CTを供用開始し、技術的にはロッテルダム港(新設された「マースフラクテII」を除く)よりも進んだ港となっています(ちなみに、去年は景気減速の煽りを受け、貨物量が対中国で50%、対ロシアで36%減少した模様)。

次に、デュイスブルグ港についてですが、同港のあるノルトライン・ヴェストファーレン州はドイツ北西部の内陸に位置し、ライン川を中心に産業が発展、日系企業の欧州拠点となっています。デュイスブルグ港は9カ所のCTを備えた河川港で、コンテナ取扱貨物量は年間300万TEU以上となっています。今回の視察では、その9つのCTのひとつ、DIT(Duisburg Intermodal Terminal)を訪問・視察しました。バージからの積卸しはバージ用クレーン(写真1)、トラックへの積卸しはトップリフター、ヤード内のコンテナ搬送はリーチスタッカーで行われています。オンドックの鉄道ヤードには4本の引き込み線(写真2)があり、2台の鉄道用クレーンが装備されています。

このDITでは工業都市・デュイスブルグと中国内陸部の大都市・重慶を結ぶ、ブロックトレインによる鉄道輸送が行われています。この鉄道は「渝新欧鉄道(Yuxinou Railway)」と呼ばれ、2011年に開通。欧州-アジア間の輸送を大きく変える「現代のシルクロード」と期待されています。重慶から、カザフスタン、ロシア、ベラルーシ、ポーランド、デュイスブルグと6カ国を經由しており、全長は約11,000kmに達しています。

デュイスブルグ-アジア間のルー

トとしては、大きくは①「渝新欧鉄道」を主とした南側ルート(チャイナ・ランドブリッジ)と、②中国(満州里)-ロシア(ザバイカリスク)の国境からシベリア鉄道でロシアを経由する北側ルート(シベリア・ランドブリッジ)の2つがありますが、欧州側の企業ではサービスが安定している南側ルートを選択・利用する傾向が強いです。デュイスブルグ港に到着した貨物は、トラックやバージ、鉄道で、ハンブルグ、ロッテルダム等、他の欧州各都市に輸送されます。

鉄道輸送の利点は輸送日数の短縮です。海上輸送では重慶-デュイスブルグ間の輸送に45日程度を要しますが、「渝新欧鉄道」では14~16日と大幅な短縮(3分の1)が可能になります。現状では船による輸送が圧倒的に多いようですが、今後の動向を注視する必要があります。



写真1：バージ専用クレーン



写真2：ターミナル内の引き込み線(約700m)

### 編集部よりひと言

ドライバー不足問題が叫ばれるようになって久しいですが、最近いよいよ問題が顕在化し、「ドライバー不足を理由に輸送を断られた荷主が5割に達する」という調査結果もあります。5割というその数値の大きさに驚きました。まだ日常生活の中で、モノが運べないことによる欠品などの不便さを実感したことはありませんが、そのような状態を目の当たりにする日も近いのでしょうか。このような危機的状況にも関わらず、ドライバーの手待ち時間が発生する現場がまだ5割もあるとのことなので、ドローンによるヒトの代替案だけでなく、手待ち時間がなくなるような効率的な施策が早急に必要と感じた次第です。編集長 歓崎 <次回トピック> 5月23日発行予定

◆物流業界におけるIoT活用 他

(次回トピックは変更になることがあります。)

購読のご希望がございましたらご連絡ください。また、ご意見・ご感想・ご要望、お待ちしております。

URL: <http://www.nittsu-soken.co.jp>

日通総研 編集部 mail: [logi\\_plus\\_pr@soken.nittsu.co.jp](mailto:logi_plus_pr@soken.nittsu.co.jp)