

# 荷崩れ防止用梱包ベルトのサービサイジング によるライフサイクルCO<sub>2</sub>低減効果の評価

木村 美樹<sup>1</sup>・○野口 和也<sup>2</sup>・吉田 登<sup>3</sup>・澤地 克明<sup>4</sup>・前田 真実<sup>5</sup>

<sup>1</sup>エコビズ株式会社 (〒541-0053 大阪市中央区本町1丁目6-18)

E-mail: m.kimura@eco-biz.co.jp

<sup>2</sup>株式会社フジテックス (〒169-0075 東京都新宿区高田馬場1-25-30)

E-mail: k-noguchi@fjtex.co.jp

<sup>3</sup>正会員 和歌山大学准教授 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

E-mail: yosida@sys.wakayama-u.ac.jp

<sup>4</sup>エコビズ株式会社 常務取締役 (〒541-0053 大阪市中央区本町1丁目6-18)

E-mail: k.sawachi@eco-biz.co.jp

<sup>5</sup>エコビズ株式会社 (〒541-0053 大阪市中央区本町1丁目6-18)

E-mail: m.maeda@eco-biz.co.jp

低炭素及び廃棄物削減のため、従来より物流時の使い捨て梱包資材として使われてきたストレッチフィルムの代替用に開発された梱包用ベルトに対して、これを売り切りではなく提供者がベルトをリース提供し、製品のライフサイクル管理を行って環境負荷を低減するサービサイジングの事業モデルを構築し、これによる二酸化炭素低減効果について分析を行った。分析の結果、使い捨て及びリサイクル型のストレッチフィルムと比較した場合、梱包用ベルトのサービサイジングへの代替により約8割の二酸化炭素を削減できることが分かった。また、パレットの輸送回数、ユーザーの所在場所、ベルト耐久性の変化がサービサイジングにおける二酸化炭素排出量に影響を及ぼすことが分かった。

**Key Words :** *packing belt, stretch film, servicing, logistics, life cycle carbon dioxide*

## 1. はじめに

わが国における二酸化炭素排出量のうち、運輸部門からは約2割に及んでいる(2006年度)<sup>1)</sup>。その中で貨物部門からの二酸化炭素排出量は緩やかな減少傾向にあるものの、今なお運輸部門からの二酸化炭素排出量の約4割を占めている。貨物由来の二酸化炭素排出量を削減するためには、これまで様々な取り組みが行われてきている。その主なものは低公害車、共同輸配送、モデルシフトであり、いずれも直接的な対策である。従来からの直接的な対策に加えて、近年は間接的な排出削減も取り組まれるようになってきた。その代表的なものが梱包資材の削減である。従来、物流時の荷崩れ防止用梱包資材として、パレットに積んだタンボールを固定するために使用する透明なポリエチレン製の粘着フィルム(ストレッチフィルム)が使われてきた。日本ポリオレフィンフィルム工業組合の調査<sup>2)</sup>によると、2006年のストレッチフィ

ルム等に使用するLDPE(低密度ポリエチレン)フィルムの産業用出荷量は年間27万トンに及ぶとされている。また組合によると、国内で消費されるストレッチフィルムの80%以上が諸外国から輸入後、他社ブランドで販売されたものが広く流通していると言われている。ストレッチフィルムは商品の形状や大きさに関係なく包装できるなどの利点をもつが、繰り返し利用ができないため、現在は産業廃棄物として処理されている。これに対して、同等の荷崩れ防止機能を持ち、かつ繰り返し利用可能な帯状の梱包資材(ベルト)が開発されている。一般にリユース可能な製品はユーザーが再利用を管理できる場合には有効であるが、梱包資材のようにユーザーである荷主が荷物の搬送を外部委託(サードパーティ物流)することが多い場合には、利用が困難である。これに対して、梱包用ベルトの生産者が製品を売り切りにせずリース提供し、ベルトを回収して荷主に再利用可能な形で提供するというサービスを含めた新しい形態の環境ビジネスが事

業化されてきた。これは、製品サービスシステム<sup>3)</sup>、あるいはサービサイジング<sup>4) 5)</sup>と呼ばれ、財・サービスの種類や利用形態に応じて様々な類型が見出されてきている。経済産業省ではこのようなビジネスが製品のライフサイクル管理による環境負荷削減を可能にすることに着目し、グリーンサービサイジング<sup>6)</sup>という21世紀型の持続可能な社会構築に向けた事業活動として、またエコイノベーション<sup>7)</sup>の1つとして位置づけている。

サービサイジングによる環境負荷低減効果については近年、水谷・松本<sup>8)</sup>による電動フォークリフト用バッテリーメンテナンス、吉田ら<sup>9)</sup>による清掃工場におけるESCO事業、板ら<sup>10)</sup>による外食産業への節水サービス導入などいくつかの事例研究がなされているが、物流に関連する検討事例は未だない。特に梱包物流のサービサイジングでは提供者がモノ（梱包材）を所有し、維持管理をおこなうため、広範な物流範囲から製品を回収する際の輸送負荷の影響、また梱包サービス提供のためにモノを繰り返し再利用するため耐久性の影響が無視できない。そこで、本研究は、実際にビジネス構築され事業化が進んでいる荷崩れ防止梱包ベルトのサービサイジングにおけるライフサイクルCO<sub>2</sub>低減効果について分析を行うことにより梱包物流におけるサービサイジングの有効性を定量的に示すとともに、梱包物流サービサイジングにおける活動要素がCO<sub>2</sub>削減量に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。

2. 分析の方法

売り切り及びリサイクル型梱包用ベルトのサービサイジングでのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を、使い捨て及びリサイクル型のストレッチフィルム使用時のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量と比較した。分析の方法を以下に示す。

(1) 比較評価の対象

比較評価の対象は以下の4つとした。

- a)使い捨てストレッチフィルム
- b)リサイクルストレッチフィルム
- c)売り切り梱包用ベルトによるサービサイジング
- d)リサイクル梱包用ベルトによるサービサイジング

(2) 機能単位

この分析においては、機能単位をパレット輸送1回あたりの梱包利用と設定し、分析の検討条件を、現状のリース期間3年間における1か月20パレット平均での梱包利用として設定した。これにより検討条件下において、a)とb)では720パレット分（20パレット分×12か月×3年）の使い捨て、リサイクルストレッチフィルムをそれぞれ

消費し、c)とd)では売り切り、リサイクル梱包用ベルトをそれぞれ720回再使用することになる。ここで、ベルトの場合は完全に回収できること（回収率100%）が条件となるが、サービサイジングの場合はサービス提供者がベルト回収サービスを担う物流業者と連携しながらベルトの維持管理を行うため、100%回収できるものと設定する。

(3) 製品構成

a)使い捨てストレッチフィルム

単素材のLPEで構成され、幅50cm×300m/本（重量2.5kg）のロール形状。パレット梱包あたりのストレッチフィルム使用量は通常パレット7周巻いて梱包するものとして、

$4.4\text{m/周} \times 7\text{周} = 30.8\text{m}$ （重量0.28kg/パレット）

検討条件である720パレットでのストレッチフィルム使用量は、

$720\text{パレット} \times 0.28\text{kg/パレット} = 201.6\text{kg}$

b)リサイクルストレッチフィルム

製品構成はa)と同じ。素材の重量比5%分を使用済みストレッチフィルムのリサイクルにより賄う。実際、近年では環境的観点から一部ではフィルム原料やRPF燃料

表-1 売り切り梱包用ベルトの各部材の素材及び重量

| 部材名    | 材料名      | 重さ (kg) |
|--------|----------|---------|
| 生地     | ポリエステル   | 0.492   |
| 面ファスナー | ポリエステル   | 0.182   |
| 補強材 1  | ポリエステル   | 0.076   |
| 補強材 2  | グラスファイバー | 0.39    |
| 仮止め部   | EVA 樹脂   | 0.01    |
| 総重量    |          | 1.15    |
| ロス     |          | 0.022   |

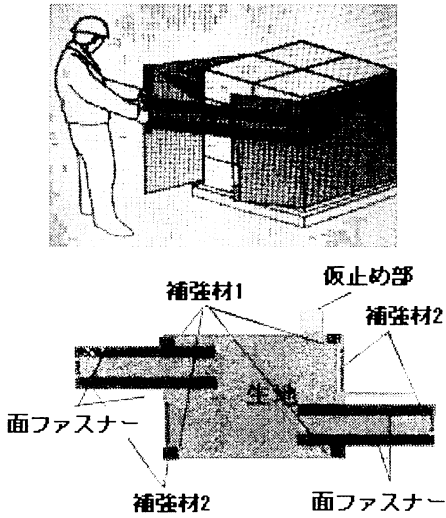


図-1 売り切り梱包用ベルトの外観及び部材構成

表2 リサイクル梱包用ベルトの各部材の素材及び重量

| 部材名    | 材料名      | 重さ (kg) |
|--------|----------|---------|
| 生地     | 再生ポリエステル | 0.453   |
| 面ファスナー | ポリエステル   | 0.182   |
| 補強材 1  | 再生ポリエステル | 0.075   |
| 補強材 2  | グラスファイバー | 0.38    |
| 仮止め部   | EVA 樹脂   | 0.01    |
| 総重量    |          | 1.1     |
| ロス     |          | 0.021   |

として有効利用される事例<sup>11)</sup>も見られる。

#### c) 売り切り梱包用ベルト

売り切り梱包用ベルトは、図-1に示す外観及び部材構成を有している。売り切り梱包用ベルトの各部材の素材及び重量を表-1に示す。

#### d) リサイクル梱包用ベルト

リサイクル梱包用ベルトの外観及び部材構成も、図-1と同様である。ただし表-2に示すように各部材の素材及び重量の一部は売り切りベルトと異なっている。リサイクル梱包用ベルトは、生地及び補強材1に再生ポリエステルを用いている。売り切り梱包用ベルト用の生地は中国製であるが、リサイクル梱包用ベルトの生地は国内メーカーによりバージン原料と同一レベルの高純度なポリエステル原料の回収を可能とする技術をもとに製造されるものである。売り切り梱包用ベルト用生地の糸は低価格だが製造される繊維の太さに若干幅があるため糸の太さをやや太めの600D（デニール）に設定しているのに対し、リサイクル梱包用ベルト用生地の糸は繊維太さが安定しているため250Dの細い糸を用いることが可能であり、糸の打ち込み本数を増やして売り切り梱包用ベルトと同等の強度をもたせても、リサイクルベルトは売り切りベルトより総重量で0.05kg（元の売り切りベルト重量の約4%）軽量化することができる。

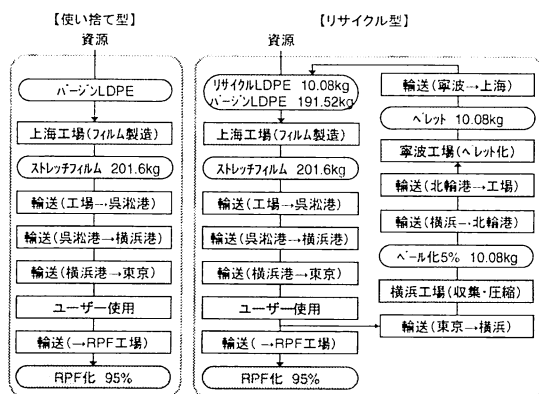


図-2 ストレッチフィルム（使い捨て・リサイクル）のシステム境界

#### (4) システム境界及びLCCO<sub>2</sub>の計算条件

使い捨て及びリサイクルストレッチフィルムのシステム境界を図-2に、売り切り及びリサイクルベルトのサービサイジングのシステム境界を図-3に示す。また、システムにおけるLCCO<sub>2</sub>計算の原単位を表-3に示す。

#### a) 使い捨てストレッチフィルム

使い捨てストレッチフィルムは中国上海工場で生産され、東京のユーザーにより消費されるものとする。ストレッチフィルムは単素材のLDPEで構成され、幅5cm×300m／本（重量2.5kg）のロール形状で供給される。前述のとおり、検討条件である20パレット分×12か月×3年＝720回分のストレッチフィルム使用量は201.6kgとなる。上海工場から呉淞港までは、4tトラックで100km輸送される。呉淞港から横浜港までは、コンテナ船（4000TUE以下）にて2018km輸送される。横浜港から東京（ユーザー）までは、4tトラックで30km輸送される。ユーザー使用段階は使用拠点である東京から500km離れた拠点までストレッチフィルムで梱包した積載物を輸送することとした（10tトラック積載率100%、片道500km）。フィルムのユーザーは荷主や荷受企業ではなく物流業者

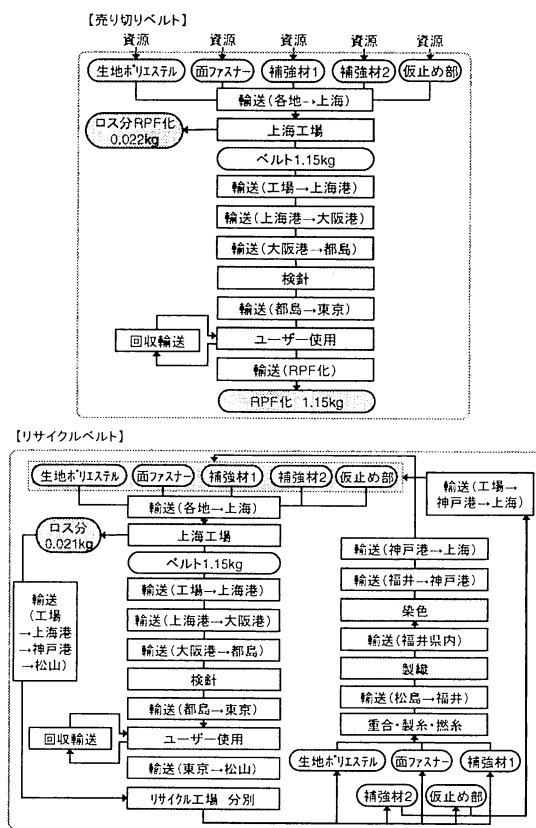


図-3 ベルト（売り切り・リサイクル）のサービサイジングのシステム境界

表3 ストレッチフィルム・ベルトの各原単位

| 項目                          | 原単位                             | 出典     |
|-----------------------------|---------------------------------|--------|
| バージンLDPE 製造 CO <sub>2</sub> | 1.42kg-CO <sub>2</sub> /kg      | 文献 12) |
| 使用済みストレッチフィルムの圧縮バール機電力消費    | 0.36kwh/kg                      | 文献 13) |
| 電力生産 CO <sub>2</sub> (日本)   | 0.339kg-CO <sub>2</sub> /kwh    | 文献 14) |
| 電力生産 CO <sub>2</sub> (中国)   | 0.851 kg-CO <sub>2</sub> /kwh   | 文献 14) |
| バール積載移動用のフォークリフト燃料消費 (軽油)   | 0.019L/kg                       | 文献 13) |
| 軽油 CO <sub>2</sub> (燃焼時のみ)  | 2.619kg-CO <sub>2</sub> /L      | 文献 15) |
| 再生バレット熱溶解機                  | 0.325kwh/kg                     | 文献 12) |
| ストレッチフィルム製造の電力消費            | 0.59kwh/kg                      | 文献 12) |
| ケミカルリサイクル DMT               | 0.921kg-CO <sub>2</sub> /kg     | 文献 16) |
| DMT と EG との重合工程             | 0.466 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 17) |
| フィラメント製造                    | 0.749kg-CO <sub>2</sub> /kg     | 文献 16) |
| 熱糸                          | 0.683 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 16) |
| 製織                          | 1.17 kg-CO <sub>2</sub> /kg     | 文献 16) |
| 染色                          | 4.810kg-CO <sub>2</sub> /kg     | 文献 16) |
| 面ファスナー (ポリエステル)             | 10.03 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 18) |
| グラスファイバー                    | 2.270 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 19) |
| EVA 樹脂                      | 2.611 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 14) |
| ベルト縫製時電力                    | 1.036 kwh/kg                    | 注 1)   |
| 段ボール原紙                      | 1.180 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 16) |
| 検針機電力消費                     | 0.008kwh/kg                     | 注 2)   |
| トラック輸送 (4t)                 | 0.142kg-CO <sub>2</sub> /t/km   | 文献 14) |
| トラック輸送 (10t)                | 0.12 kg-CO <sub>2</sub> /t/km   | 文献 14) |
| コンテナ船 (4000TEU 以下)          | 0.0236 kg-CO <sub>2</sub> /t/km | 文献 14) |
| RPF 製造                      | 2.35 kg-CO <sub>2</sub> /kg     | 文献 20) |
| 石炭(一般炭)燃焼                   | 2.409 kg-CO <sub>2</sub> /kg    | 文献 15) |

である場合が多いが、輸送後はしばらく荷受側においてフィルム梱包のまま保管することが多いため、すぐに回収することはできない。また梱包荷物の最終輸送先は固定的でない場合が多いため、通常はユーザーである物流業者が使用後のフィルムを引き取ることが困難であるのが実態である。それゆえ使用済みフィルムはケミカルリサイクル等に適した単素材でありながら、搬送先の荷受企業において他に排出される廃棄物とともに産業廃棄物業者に回収され焼却処理されることが多い。一方で、先述のように現状でも他の廃プラ等とあわせたRPF化の事例はみられることから、ここでは使用済みフィルムに対して石炭代替のRPF燃料化を想定する。東京（ユーザー）からRPF化処理施設までの搬送は、通常の焼却処理等と同様、4tトラックで50km輸送されるものと設定する。

#### b) リサイクルストレッチフィルム

先述のような事情からストレッチフィルムがそのままストレッチフィルムにリサイクルできる事例は限られるが、搬送先が固定され、量的質的に安定して使用済みフィルムが確保できるなどの条件が整えば、リサイクル

ストレッチフィルムは可能である。実際の事例<sup>13)</sup>に準じてリサイクルストレッチフィルムはバージンLDPE95%、リサイクルLDPE5%の原料により、使い捨てと同じ上海工場で生産されるものとする。リサイクルLDPEはユーザー（東京）で排出された使用済みストレッチフィルムを横浜工場に輸送後、バール状に圧縮・減容して中国の寧波工場へ搬送されて熱溶解機にてバレット化された後、上海工場へ供給され圧延等の工程を経てストレッチフィルムに製造される。

リサイクルストレッチフィルムの工場生産以降の輸送工程は使い捨てと同じとする。再生工程に回る使用済みストレッチフィルムは東京（ユーザー）から横浜工場まで4tトラックで72km輸送され、圧縮バールが横浜工場から横浜港まで4tトラックで10km輸送される。横浜港から北輪港まではコンテナ船（4000TEU）で1860kmを海運輸送され、北輪港から寧波工場までは4tトラックで60km輸送される。寧波工場で製造された再生バレットは上海工場まで4tトラックで400km輸送される。リサイクルされない使用済みフィルムは、使い捨ての場合と同様の設定でRPF化されるものとする。

#### c) 売り切り梱包用ベルトによるサービサイジング

売り切り型の梱包用ベルトは中国上海工場で製造される。ベルト重量の半分近くを占める生地ポリエステルは合成DMT（テレフタル酸ジメチル）からフィラメント製造、熱糸、製織、染色を経て生産される。生地ポリエステル、面ファスナー、補強材1,2、仮止め部を縫製、裁断してベルト製造後、段ボールに梱包されて海運で日本に送られる。検針作業を行った後、東京（ユーザー）へ送られ、720回分の繰り返し使用を経て廃棄される。

生地ポリエステルは南通市から上海工場まで4tトラックで180km搬送される。面ファスナー及び補強材1は無錫市から上海工場へ4tトラックで150km搬送される。補強材2のグラスファイバーは、常熟市から上海工場まで4tトラックで100km搬送される。仮止め部のEVA樹脂は張家港から上海工場へ4tトラックで100km搬送される。上海工場で製造されたベルトは梱包後、工場から上海港へ4tトラックで50km搬送され、上海港から大阪港までコンテナ船（4000TUE以下）にて1380km搬送され、検針作業所（都島）まで4tトラックで20km搬送される。検針を終えたベルトは都島から都島から東京（ユーザー）まで10tトラックで600km搬送される。ユーザー使用段階では、使用拠点である東京から500km離れた物流拠点までベルトで梱包した積載物を輸送（10tトラック、片道500km）し、そこで回収したベルトを同じ距離（500km）回収輸送するものとした。これにより検討条件として設定した3年間、720回分繰り返し利用されることとした。売り切りの使用済みベルトは、現状ではユーザーの所有物ゆえ

個々に管理が任せられ全体として回収する仕組みがとられておらず、ベルトの裁断・縫製によって出たロス分だけでは一定量を安定的に確保することは難しく焼却処理される場合が多いが、使用済みストレッチフィルムと同様に石炭代替のRPF燃料化が可能であると考え、RPF燃料化を想定する。使用済みベルトは、東京（ユーザー）からRPF化施設まで4tトラックで50km搬送されることとした。

d)リサイクル梱包用ベルトによるサービサイジング

ベルト製造からユーザー使用段階までは売り切りベルトと同じであるが、検討条件として設定した回数使用後の使用済みベルトは松山のリサイクル工場へ搬送され各部材に分別される。生地ポリエステル、面ファスナー、補強材1及び上海工場で発生したロス分は同工場にてDMTへ戻され、エチレングリコールとの重合、フィラメント、捻糸、製織、染色を経たのち再生ポリエステル生地及び補強材1として中国の各部材拠点へ搬送される。補強材2のガラスファイバー及び仮止め部のEVA樹脂は分別後、中国へ搬送され再利用される。ポリエステル素材については、前述のとおり繊維太さの差はあるものの材質の差はないと考え、ポリエステルの原単位は売り切りのバージン材とリサイクルの再生材では同じ原単位を用いることとする。

3. 分析の結果

(1) ストレッチフィルムとベルトでのLCCO<sub>2</sub>の比較

機能単位として設定した、パレット輸送1回あたりにおけるLCCO<sub>2</sub>の計算結果を図-4に示す。使い捨てフィルム、5%リサイクルフィルム、売り切りベルト、リサイクルベルトのLCCO<sub>2</sub>はそれぞれ831.4、802.1、162.7、144.1（単位はg-CO<sub>2</sub>）となった。これより、使い捨て及びリサイクル型のストレッチフィルムと比較した場合、梱包用ベルトのサービサイジングへの代替により約8割の二酸化炭素を削減できることがわかる。ストレッチフィルムでは製造及び廃棄時のCO<sub>2</sub>が多く、ベルトでは輸送時（特に回収輸送）のCO<sub>2</sub>が多いことが特徴的に示さ

れている。フィルムリサイクル工程を含めても、使い捨てよりもリサイクルストレッチフィルムを用いることでさらに約4%のCO<sub>2</sub>削減になることが示された。また、売り切りベルトとリサイクルベルトとの比較においてもストレッチフィルムの場合と同様、リサイクルベルトのほうが売り切りベルトよりもCO<sub>2</sub>が約11%削減される。これは、リサイクルベルトの場合、生地のロス分を廃棄せずにケミカルリサイクルできること、あわせて補強材2のガラスファイバーや仮止め部のEVA樹脂を再生利用できることがCO<sub>2</sub>削減の効果をもたらしたものと考えられる。

(2) ストレッチフィルムのリサイクル率による影響

リサイクルストレッチフィルムの現状のリサイクル率を50%まで増加させた場合のLCCO<sub>2</sub>変化を図-5に示す。CO<sub>2</sub>に関しては、50%までリサイクル率を増加させることにより、輸送に伴う負荷は割合的に増大するもののLCCO<sub>2</sub>は使い捨てフィルムより35%、5%リサイクルフィルムより33%削減される結果となった。しかしベルトのLCCO<sub>2</sub>は50%リサイクルフィルムの3分の1以下であり、ベルトのサービサイジングのほうがCO<sub>2</sub>に関しては依然として有利であることが分かる。なお、ここではリサイクル率を増加させてもフィルムとしての機能は変わらないものと仮定している。結果としてリサイクル率を高めてもベルトの優位性は変わらないものの、フィルムについてはリサイクル材の混合率を上げることにより環境負荷低減につながるという傾向を確認することができた。

(3) パレット輸送回数の変化によるLCCO<sub>2</sub>への影響

これまでの分析では検討条件として1ヶ月20パレット平均3年間の輸送を設定した。しかし3年のリース期間でのパレット輸送回数は実際は不確定であり、一方でベルトの寿命は現在の事業の枠組みではリース期間に合わせて3年と定めている。輸送機会が検討条件に示した1ヶ月20パレットに満たない場合でも3年経過時にはベルトを交換することとしているため、パレット輸送回数によりストレッチフィルムとベルトとのLCCO<sub>2</sub>の関係は相対的

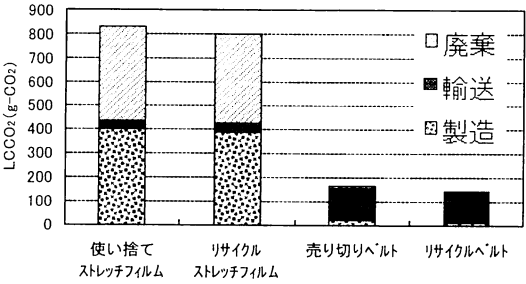


図-4 ストレッチフィルムとベルトの LCCO<sub>2</sub>

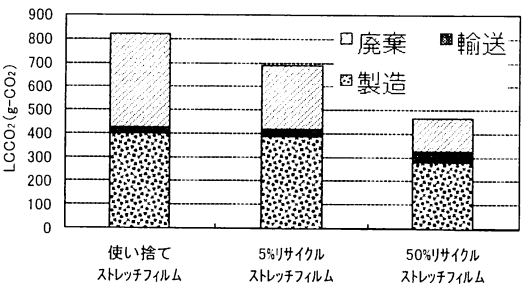


図-5 ストレッチフィルムのリサイクル率と LCCO<sub>2</sub> [ケースa),b)]

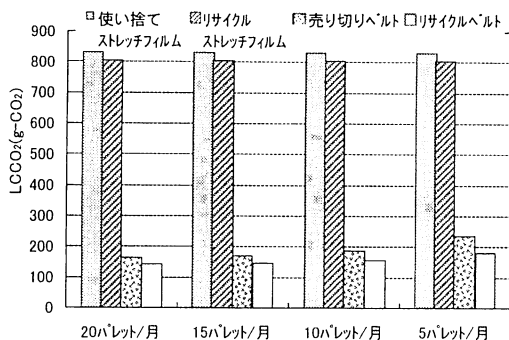


図-6 パレットの輸送回数と LCCO<sub>2</sub>

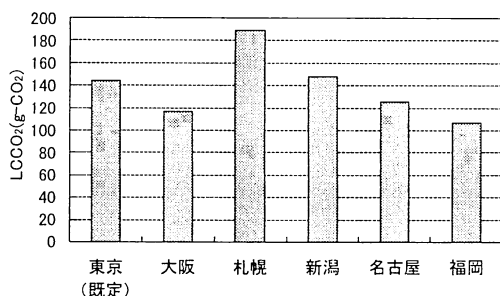


図-7 ユーザー所在場所の変化と LCCO<sub>2</sub> [ケースd]

に変化する。図-6に示すとおり、パレット輸送回数を20回/月から5回/月まで変化させることにより、フィルムとベルトとのLCCO<sub>2</sub>の比は約5倍から約3.5倍に短縮する。当然ながら、ベルトのような再使用型への代替は再使用の頻度が多く見込める輸送に対して適用することが重要であり、また輸送回数を適正に把握することができれば、輸送回数に応じてリース期間を適宜調整するなどにより固定的なベルト更新の場合よりも環境負荷を削減することが可能であると考えられる。

#### (4) ユーザーの所在場所の変化によるLCCO<sub>2</sub>への影響

これまでユーザーの所在場所として東京を設定していたが、ベルトのサービサイジングの場合、ユーザーの所在場所によって、製造拠点である上海やリサイクル拠点である松山との間の搬送距離が変化するため、LCCO<sub>2</sub>に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、リサイクルベルトの場合について、ユーザー所在場所を大阪、札幌、新潟、名古屋、福岡へと変化させた場合のLCCO<sub>2</sub>を分析した結果を図-7に示す。ユーザーが東京の場合のLCCO<sub>2</sub>を基準とすると最大の札幌でLCCO<sub>2</sub>は32%増加し、最小の福岡では26%減少することが分かった。ただし、ストレッチフィルムにおけるLCCO<sub>2</sub>のオーダーと比較するといずれも低い値を示している。

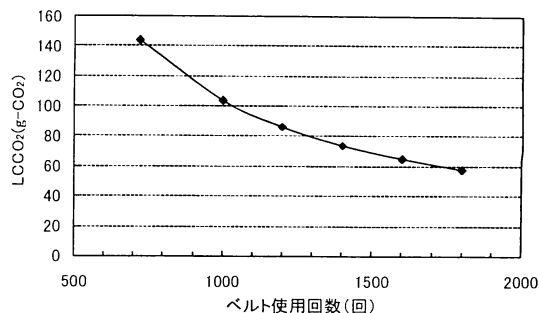


図-8 リサイクルベルト使用回数と LCCO<sub>2</sub> [ケースd]

#### (5) ベルト耐久性の変化によるLCCO<sub>2</sub>への影響

リサイクルベルトの耐久性がLCCO<sub>2</sub>に与える影響を図-8に示す。現在はベルト寿命を安全側でみて720回と設定した。実際の利用可能回数は通常の使用方法では少なくとも2000回以上が見込まれ、現状との設定回数との間には幅があると考えられる。仮に使用回数の上限が1800回と2倍以上に変化した場合、リサイクルベルトの輸送1回あたりLCCO<sub>2</sub>は1800回の場合で57.7g-CO<sub>2</sub>となり、LCCO<sub>2</sub>は利用可能回数を720回とした場合の約4割に削減されるなど、ベルトの耐久性がLCCO<sub>2</sub>に大きな影響を及ぼすことがわかる。

## 4. 結論

本研究では梱包ストレッチフィルムの代替用に開発された梱包用ベルトのサービサイジングによるLCCO<sub>2</sub>低減効果について分析を行った。分析の結果、i) 梱包用ベルトのサービサイジングへの代替によりストレッチフィルムと比較して約8割のLCCO<sub>2</sub>削減が可能であること、ii) パレットの輸送回数が1/4になると、ベルトの利用効率の下がりフィルムとベルトとのLCCO<sub>2</sub>の比は5:1から3.5:1に差が縮小すること、iii) ユーザー所在場所が変化することでベルトのLCCO<sub>2</sub>は現状より約3割増減すること、iv) ベルト耐久性が2.5倍になるとLCCO<sub>2</sub>は6割削減されること、などの分析結果を通して、広範な物流範囲から製品を回収する梱包物流におけるサービサイジングの有効性ととともに、その際の輸送機会の増減、回収輸送やベルトの耐久性の影響などサービサイジングにおけるLCCO<sub>2</sub>に影響を及ぼす各要素の寄与について明らかにした。

## 注

- 1) ベルト縫製時動力消費原単位は、ヒアリングにより得た1日10時間稼働で3.5本のベルト製造、1本当たり1.142kwhの動力消費データをもとに設定した。
- 2) 検針機の動力消費原単位は、ヒアリングにより得たベルト1本の検針に2秒、検針機の定格動力が0.14kwとのデータを

もとに  $0.14 \div 3600 \times 2 = 0.00008 \text{ kwh/kg}$  と設定した。

## 参考文献

- 1) 環境省:平成 20 年版環境・循環型社会白書, pp. 35, 2008.
- 2) 日本ポリオレフィンフィルム工業組合:ポリオレフィンフィルムの年別出荷状況: <http://www.pof.or.jp/data/data/POF-y1.pdf>, 2009 年 3 月最終閲覧.
- 3) M. Goedkoop, C. van Halen, H. te Riele and P. Rommerts: Product Service Systems, Ecological and Economic Basics, Pre consultants, 1999.
- 4) Allen L. White, Mark Stoughton, Linda Feng: Servisizing – The Quiet Transition to Extended Product Responsibility, pp.1-89, Tellus Institute, 1999.
- 5) 横村久子監修・地球環境関西フォーラム編:サービサイジング～エコビジネスが売れるものとは?～, pp.1-239, 2006
- 6) 経済産業省:グリーンサービサイジング事業:  
[http://www.meti.go.jp/policy/eco\\_business/servicizing/gs-index.html](http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/servicizing/gs-index.html), 2009 年 3 月最終閲覧.
- 7) 経済産業省産業構造審議会産業技術分科会中間報告「イノベーション創出の鍵とエコイノベーションの推進」, pp.59, 2007.
- 8) 水谷健二・松本亨:製品延命化を促進させるビジネスモデルの評価—電動フォークリフト用バッテリーメンテナンス事業のケーススタディー, 土木学会環境システム研究論文集 Vol.36, pp.189-196, 2008.
- 9) 吉田登・谷川寛樹・出合優仁・炭谷力・松本利裕:清掃工場への ESCO 導入効果に関する分析, 土木学会環境システム研究論文集, Vol.36, pp.281-290, 2008.
- 10) 板明果・藤川清史・任文:外食産業への節水サービス導入のライフサイクル CO2 評価, 環太平洋産業連関分析学会第 19 回大会講演要旨集, pp.11-15, 2008.
- 11) 株式会社レックス (RPF 化事例):  
<http://kankyo-rex.co.jp/index.html>, 2009 年 7 月最終閲覧.
- 12) プラスチック処理促進協会, 石油化学製品の LCI データ調査報告書, pp. 1-93, 2009
- 13) リサイクル 2.0 コンソーシアムサイト (MOTTO 株式会社のリサイクルストレッチフィルム事例):  
<http://recycle20.com/co2/offset.html>, 2009 年 3 月最終閲覧.
- 14) 産業環境管理協会: JEMAI-LCA Pro2.1.1.
- 15) 環境省地球環境局地球温暖化対策課:温室効果ガス排出量算定方法検討会資料, 2002
- 16) 経済産業省製造産業局繊維課:繊維製品(衣料品)の LCA 調査報告書, 有限会社産業情報研究センター, 2004
- 17) 日本化学繊維協会:化学繊維の LCI データの概要, 2004
- 18) クラレファスニング㈱製品環境情報(ニューエコマジック A8693Y/B2790Y), 産業環境管理協会
- 19) 化学経済研究所:素材のエネルギー解析調査報告書, 1993
- 20) 財団法人 日本容器包装リサイクル協会プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会:プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討, 2007

## REDUCTION OF LIFE CYCLE CARBON DIOXIDE DUE TO IMPLEMENTATION OF SERVICIZING OF PACKAGING BELT

Miki KIMURA, Kazuya Noguchi, Noboru YOSHIDA, Katsuaki SAWACHI  
and Mami MAEDA

This paper attempts to clarify reduction effect of life cycle carbon dioxide due to implementation of servicing of packaging belt. As a result of the analysis, the following were revealed: a) servicing of a packaging belt can reduce carbon dioxide by 80% compared with stretch film packaging; b) reduced number of pallet transportation by 75% reduces 30% of the ratio of life cycle carbon dioxide emission by belt packaging to that of stretch film; c) life cycle carbon dioxide of belt packaging vary from 30% increase to 30% decrease; d) increase of durability of the belt by 2.5 times reduces 60% of life cycle carbon dioxide in servicing of belt packaging.