



# LCA 日本フォーラムニュース

Life Cycle Assessment Society of Japan (JLCA)

No.60

平成 24 年 11 月 30 日

<目次>

特集：「LIME2活用検討パート3」研究会 成果報告書 ②

【事例紹介】

・概要版 ..... 3

【事例5 詳細報告】

・大日本印刷株式会社  
「MicVac 調理品と日配惣菜品の環境影響評価比較」 ..... 7

【事例6 詳細報告】

・帝人株式会社  
「環境影響評価の化学物質排出削減活動への応用」 ..... 23

【事例7 詳細報告】

・一般社団法人日本壁装協会、東京都市大学環境情報学部伊坪研究室  
「塩ビ系壁紙の地球温暖化と室内空気質汚染の人間健康影響」 ..... 33

【事例8 詳細報告】

・工学院大学 環境化学工学科 環境マネジメント工学研究  
「ストーンペーパーの環境影響評価」 ..... 47





【特集：「LIME2活用検討パート3」研究会 成果報告書】

概要版<事例5> 大日本印刷株式会社

「MicVac 調理品と日配惣菜品の環境影響評価比較」

「MicVac調理品と日配惣菜品の環境影響比較」

評価実施者：大日本印刷(株) 柴田 あゆみ、加藤 隼平、高橋麻貴子

● 評価の目的と製品の特徴

- ・MicVacシステムにより製造された調理品と日配惣菜品の環境影響を比較する
- ・「肉じゃが」を比較対象商品とする

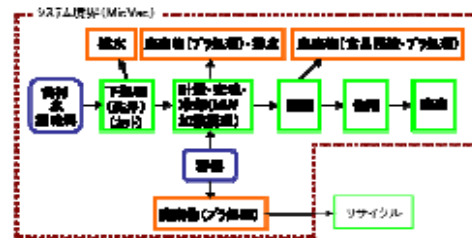
MicVac調理品

- ・MicVacはスウェーデンで開発されたマイクロウェーブ(MW)加熱調理殺菌システム
- ・容器に食材充填後、MWIによる加熱調理殺菌を行う
- ・惣菜品と比べ賞味期限が長い(冷蔵保管35日以上)



● 機能単位とシステム境界

- ・機能単位：日配品とMicVac調理品1パック(内容量250gあたり)
- ・システム境界：ライフサイクル全体
- ※容器ロス分のリサイクル、製品の輸送は範囲外とした

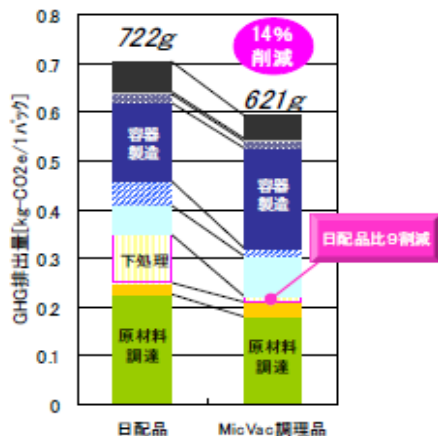


● 調査方法

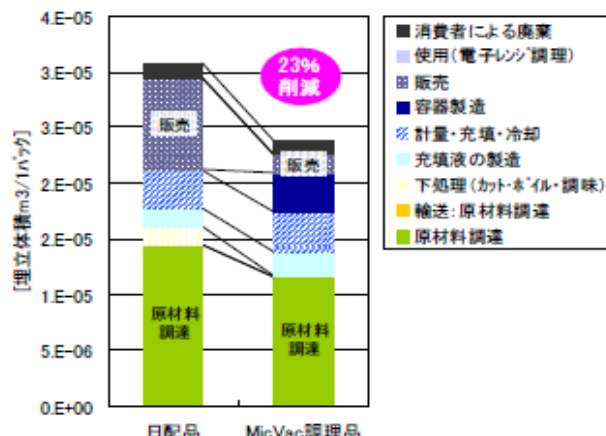
- <インベントリ分析>
  - ・フォアグラウンドデータ：聞き取り調査
  - ・バックグラウンドデータ：
- <インパクト評価>
  - ・LIME2

● 評価結果

【地球温暖化への影響(工程別)】



【廃棄物への影響(工程別)】



・MicVac調理品は、下処理段階で食材のオイルや調味が必要なく、消費電力抑制によりGHG排出量を削減  
 ・長期保存可能で食品廃棄ロスが削減されることで、廃棄物の影響が日配品に比べて23%削減  
 ・相対的にMicVac品の容器製造の負荷が大きいことが判明し、実際の販売品では仕様を改善し、負荷を軽減した

本評価の限界：食材により環境影響に差があるため、他のメニューでは削減効果が変わる可能性



【特集:「LIME2活用検討パート3」研究会 成果報告書】

概要版<事例6> 帝人株式会社

「環境影響評価の化学物質排出削減活動への応用」

「環境影響評価の化学物質排出削減活動への応用」

評価実施者: 帝人株式会社 環境・安全室 大迫 真一、服部 啓次郎

● 評価の目的と製品の特徴

- ・ 事業活動での化学物質排出の環境影響把握
- ・ 最終製品の生産に関わる化学物質に限定し評価
- ・ 評価結果から、長期削減目標の立案に応用

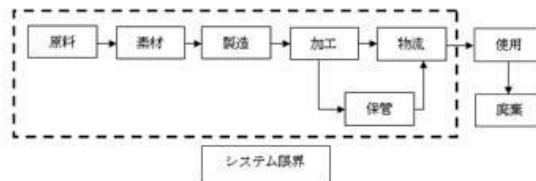


- ・ 2011年化学物質総排出は約2300T。
- ・ ジクロロメタンが最も多く全体の約51%

● 機能単位とシステム境界

機能単位: 各年度に帝人(株)9事業グループから排出した化学物質

システム境界: 素材、製造、加工、回収、物流まで



● 調査方法

<インベントリ分析>

- ・ フォアグラウンドデータ: 自社各事業グループ調査データ
- ・ バックグラウンドデータ: 自社各事業グループ調査データ

<インパクト評価>

- ・ LIME2

● 評価結果

【帝人グループが排出する化学物質の影響評価】



- ・ 今後10年間では約5%の環境影響削減。

【排出化学物質の統合化評価ランキング(2011年)】

| 順位 | 化学物質名     |
|----|-----------|
| 1  | ジクロロメタン   |
| 2  | キシレン      |
| 3  | メチルエチルケトン |
| 4  | スチレン      |
| 5  | アクリロニトリル  |
| 6  | アセトン      |
| 7  | アセトアルデヒド  |
| 8  | メタノール     |
| 9  | 四塩化炭素     |
| 10 | アンモニア     |

- ・ 排出量は少ないが環境影響の大きい化学物質が明確化した。

排出量だけでなく、環境影響の大きい化学物質に削減対象を重点化していく

本評価の限界: 化学物質の統合化係数は国内限定で、種類も限られている。





【特集：「LIME2活用検討パート3」研究会 成果報告書】

概要版<事例7>

一般社団法人日本壁装協会／東京都市大学 環境情報学部

「塩ビ系壁紙の地球温暖化と室内空気質汚染の人間健康影響」

「塩ビ系壁紙の地球温暖化と室内空気質汚染の人間健康影響」

評価実施者：一般社団法人日本壁装協会 業務部 松井 隆博

東京都市大学 環境情報学部 伊坪研究室 山口 博司

● 評価の目的と製品の特徴

塩ビ系壁紙のCO<sub>2</sub>による地球温暖化とホルムアルデヒドによる室内空気質汚染の人間健康への影響評価を行う。



原反：コーティング法 印刷：グラビア印刷 発泡エンボス加工

● 調査方法

<インベントリ分析>

- ・フォアグラウンドデータ：塩ビ系壁紙製造企業6社より収集
- ・バックグラウンドデータ：LCA日本フォーラム、JEMAI-LCAPro 産業連関表

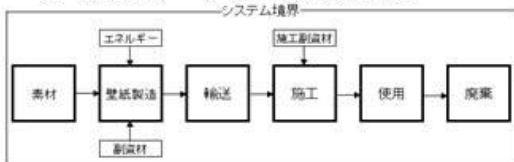
<インパクト評価>：LIME2（人間健康被害評価 DALY）

<影響領域>：地球温暖化 室内空気質汚染

● 機能単位とシステム境界

機能単位：塩ビ系壁紙1㎡を壁に裝飾す

ホルムアルデヒドについては30年間の影響評価



● 評価結果

【塩ビ系壁紙1㎡あたりの人間健康被害量(2011年)】



- ・ホルムアルデヒドによる人間健康への影響は少ない。
- ・CO<sub>2</sub>による人間健康への影響が大きい。

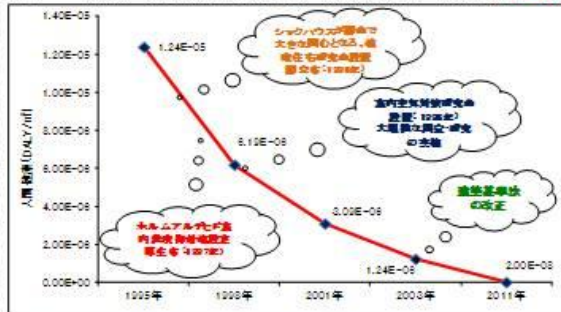
塩ビ系壁紙1㎡でホルムアルデヒドによる人間健康への影響は少なく、CO<sub>2</sub>の影響が大きい。今後は地球温暖化削減(リサイクル)に取り組む必要がある。

本評価の限界：影響領域を地球温暖化と室内空気質汚染に限り人間健康への被害評価を行った。今後は都市域大気汚染(NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>)、資源消費(エネルギー資源、鉱物資源、森林資源)、廃棄物等の影響評価を行う。

【CO<sub>2</sub>排出量の業界代表値】

- ・各社CO<sub>2</sub>排出量算定、統計的手法(95%信頼区間)
- ・1㎡あたりのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量は8.79E+02(g/m²)

【参考】JIS放数量規格値から推計した人間健康被害量【数値は参考値】

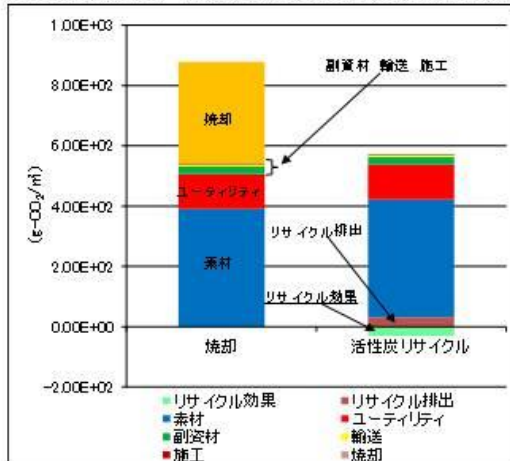


【ホルムアルデヒド低減理由】

| 項目  | 改善前                                | 改善後                                |
|-----|------------------------------------|------------------------------------|
| 接着剤 | 防湿剤としてホルマリン（ホルムアルデヒド）を使用           | 安息香酸ナトリウム（発酵添加剤（保存料））に変更           |
| 紙打紙 | 防火塗料の規制で燻焼剤（オラミンホルムアルデヒド樹脂等）の添加量増え | 燻焼剤の添加量がなくなったことにより、紙打紙が燻焼剤から燻焼剤へ移行 |
|     | 紙打紙の強度を上げるため、燻焼剤（厚層ホルムアルデヒド樹脂等）を添加 | アクリルアミド系へ変更                        |
| 換気  | 竣工時、仕上げ後等の換気が不十分                   | 換気の劇行                              |

※現在でも紙打紙として燻焼剤（厚層ホルムアルデヒド樹脂等）を含まない燻焼剤は存在している。

【参考：活性炭へリサイクルした場合のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量】





【特集:「LIME2活用検討パート3」研究会 成果報告書】

概要版<事例8> 工学院大学 環境化学工学科

「ストーンペーパーの環境影響評価」

「ストーンペーパーの環境影響評価」

評価実施者: 工学院大学 環境化学工学科 川嶋琢幹, 嵐紀夫, 稲葉敦  
 協力会社: 株式会社 TBM

- 評価の目的と製品の特徴  
 目的: ストーンペーパーの製造の戦略立案  
 製品: ポリエチレンと石灰石を2:8の重量比で混合し引き延ばした紙

- ・ やぶれにくい, 水に強い, 森林と水資源の保護
- 機能単位とシステム境界

機能単位: 面積: 1m<sup>2</sup>, 厚さ: 200μm の紙  
 対象① ストーンペーパー(重量: 240g/m<sup>2</sup>)  
 対象② 上級印刷紙(重量: 155g/m<sup>2</sup>)

システム境界  
 ストーンペーパー: 海外での原油採掘, 日本国内での石灰石の採取, 製造, 印刷, 廃棄  
 上級印刷紙: 海外で木材チップの製造(植林・育林・伐採は対象外), 日本国内で製造, 印刷, 廃棄

システム外: 使用リサイクル, 陸上輸送  
 水消費量は製造のプロセス水のみを評価

- インベントリ分析  
 ストーンペーパー: (株)TBMより原料, 製造のプロセスデータを入手  
 上級印刷紙: 日本製紙連合会作成の原データベースを使用  
 ・バックグラウンドデータ: JEMAI-PRO

- インパクト評価  
 LIME2(環境影響評価手法): LIME Sheet(ver.1)  
 水資源消費の影響評価係数: 本下ら, Int. Life Cycle Assessment, 16, (1), pp.65-73, (2010)  
 海上での排出物は対象外

- 評価結果  
 (1) 製造まで: SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>に起因する人間健康と、原油, CO<sub>2</sub>, Soxの社会資産への影響が大。

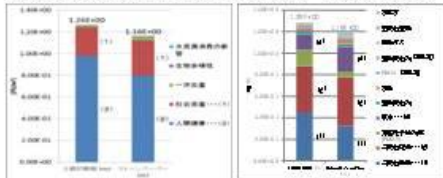


図1: 製造までの【統合化結果 [円/m<sup>2</sup>】]: 日本での生産

- (2) 製造段階の水資源消費の人間健康への影響: タイでストーンペーパーを製造すると、全体の影響が約17%増大

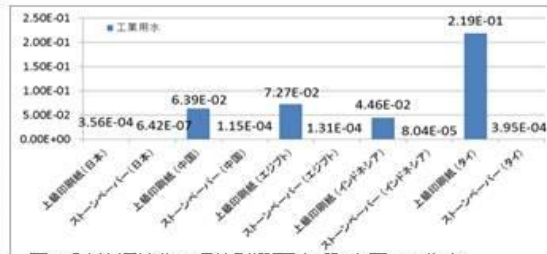


図2: 【水資源消費の環境影響 [円/m<sup>2</sup>】]: 各国での生産

- (3) ライフサイクルでの評価: ストーンペーパーの焼却ではCO<sub>2</sub>の影響と焼却灰の埋め立てによる社会資産の影響が増大。直接埋め立ては、CO<sub>2</sub>は減少するが埋め立て量が増大。上級印刷紙はカーボンニュートラルの効果が顕著

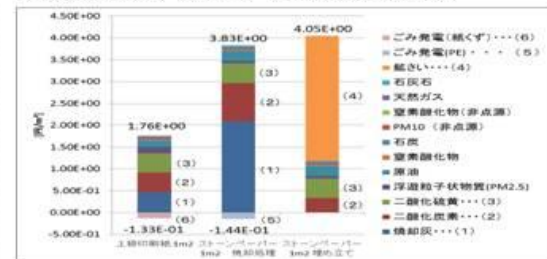


図3: 【ライフサイクルでの統合化結果 [円/m<sup>2</sup>】]: 日本での生産

- (4) ライフサイクルでの評価: ストーンペーパーの焼却灰の再利用により、環境影響が大きく減少。

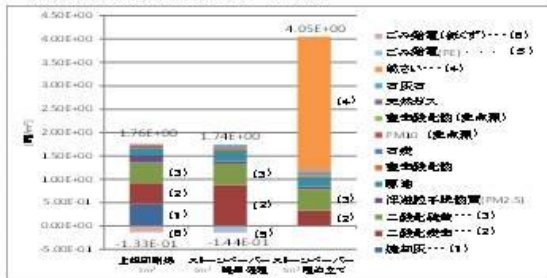


図4: 【ライフサイクルでの統合化結果 [円/m<sup>2</sup>】] ストーンペーパーの焼却灰の再利用: 日本での生産

ストーンペーパーのライフサイクルでの評価は埋め立ての社会資産への影響に大きく左右される。水資源が少ない国ではストーンペーパーの水資源保護効果が著しい。



## 【事例5 詳細報告】

# MicVac 調理品と日配惣菜品の環境影響比較

大日本印刷株式会社

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：大日本印刷株式会社 包装事業部

名前：柴田あゆみ、加藤隼平、高橋麻貴子

### 1.2 報告書作成日

2012 / 09 / 01

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

近年、賞味期限切れによる食品廃棄が大きな社会問題となっている。一度も開封されずに賞味期限が過ぎて廃棄される場合もあり、賞味期限の延命化(ESL:Extended Shelf Life)などの技術を用いることで、食品廃棄の削減に取り組む企業も多い。スウェーデンで開発された MicVac システムも ESL を可能とする技術の 1 つである。

MicVac とはマイクロウェーブ(MW)を用いた加熱調理殺菌システムであり、容器に食材を充填し、蓋フィルムをシール密封したあと、MW にて加熱調理と殺菌を行う。蓋フィルムには特殊なラベル(バルブ)が貼られており、加熱調理が終了するとバルブから空気と蒸気が抜け、容器内が減圧される仕組みになっている。この技術により、容器内が真空に近い状態に保たれるため、冷蔵にて 35 日間保存可能な製品ができる。この MicVac 調理品と、一般的にスーパーやコンビニ等で販売されている惣菜品(日配惣菜品)の環境影響を評価・比較する。

### 2.2 調査結果の用途

日配惣菜品と MicVac 調理品の環境影響を把握すると共に、MicVac 調理品の環境面での優位性を明らかにする。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象と評価対象詳細

#### 3.1.1 調査対象

日配惣菜品および MicVac 調理品 1 パック(内容量:250g)の肉じゃがを調査対象商品とする。図 3.1-1 に MicVac 調理品の写真を示す。なお、この対象商品はテスト販売品のため、現在は販売されていない。





図 3.1-1 肉じゃがの MicVac 調理品  
(左)外観 (右)容器が入っている外装箱を開けて電子レンジ加熱する時の状態

### 3.1.2 MicVac システムについて

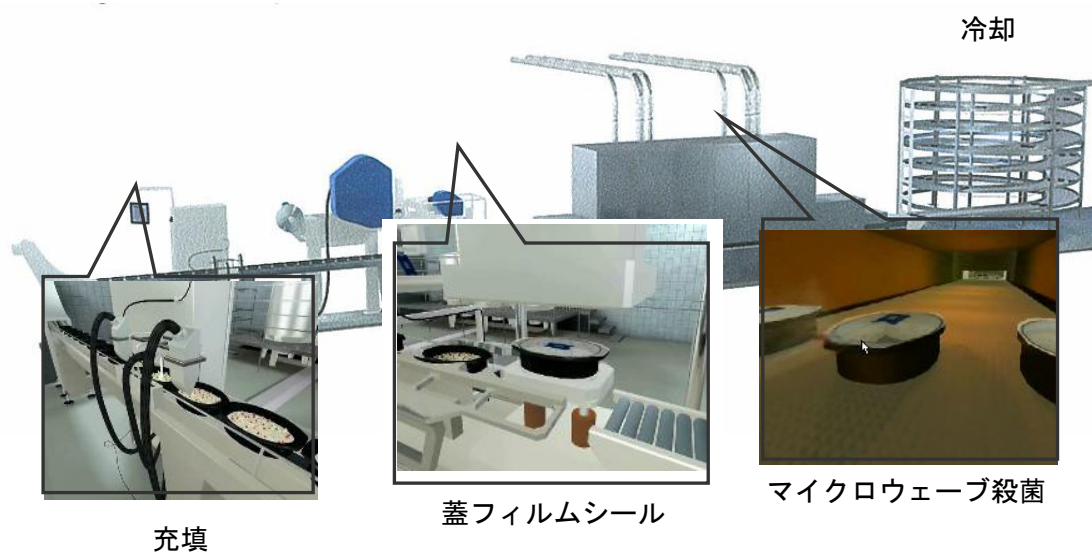


図 3.1-2 MicVac システムイメージ図

MicVac システムは、容器に食材を充填し、蓋フィルムをシール密封したあと、マイクロウェーブにて加熱調理と殺菌を行い冷却される。蓋フィルムには特殊なラベル（バルブ）が貼られており、容器内の圧力が高くなると、バルブから空気と蒸気が抜ける構造で、加熱が終了するとバルブの通気孔が閉じ容器内が減圧されて密封される。喫食時には、蓋フィルムを開けることなくそのまま電子レンジに入れ加熱できる。内容物が温まるとラベルから蒸気が抜けて音がし、温まったことを知らせてくれる。

### 3.2 機能および機能単位

肉じゃが(日配惣菜品及び MicVac 調理品) 1 パック 250 g

### 3.3 システム境界と評価対象品の特徴

システム境界は食材・容器の原材料調達から、調理・製造、販売、使用、廃棄・リサイクル段階とした。輸送に関しては、原材料調達に関わる輸送のみ計上しており、出荷に関わる輸送は計上していない。また容器製造段階で発生する廃棄物のリサイクルに関わるエネルギー及びリサイクル効果については評価より除外した。

各評価対象についてシステム境界詳細を下記に示す（図 3. 3-1, 図 3. 3-2）。



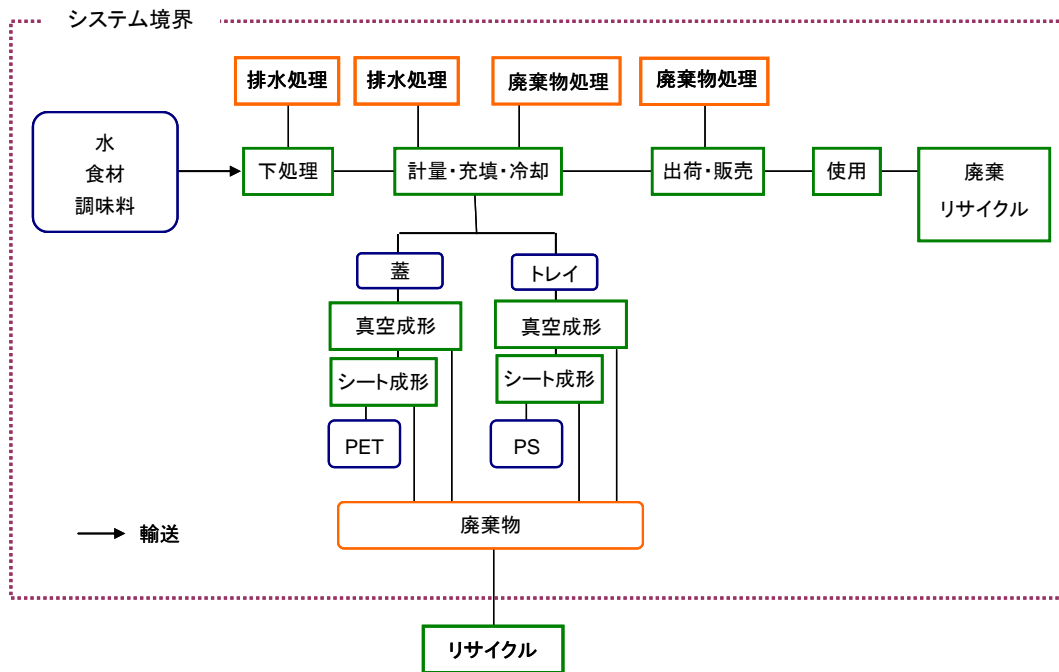


図 3. 3-1 日配惣菜品のシステム境界

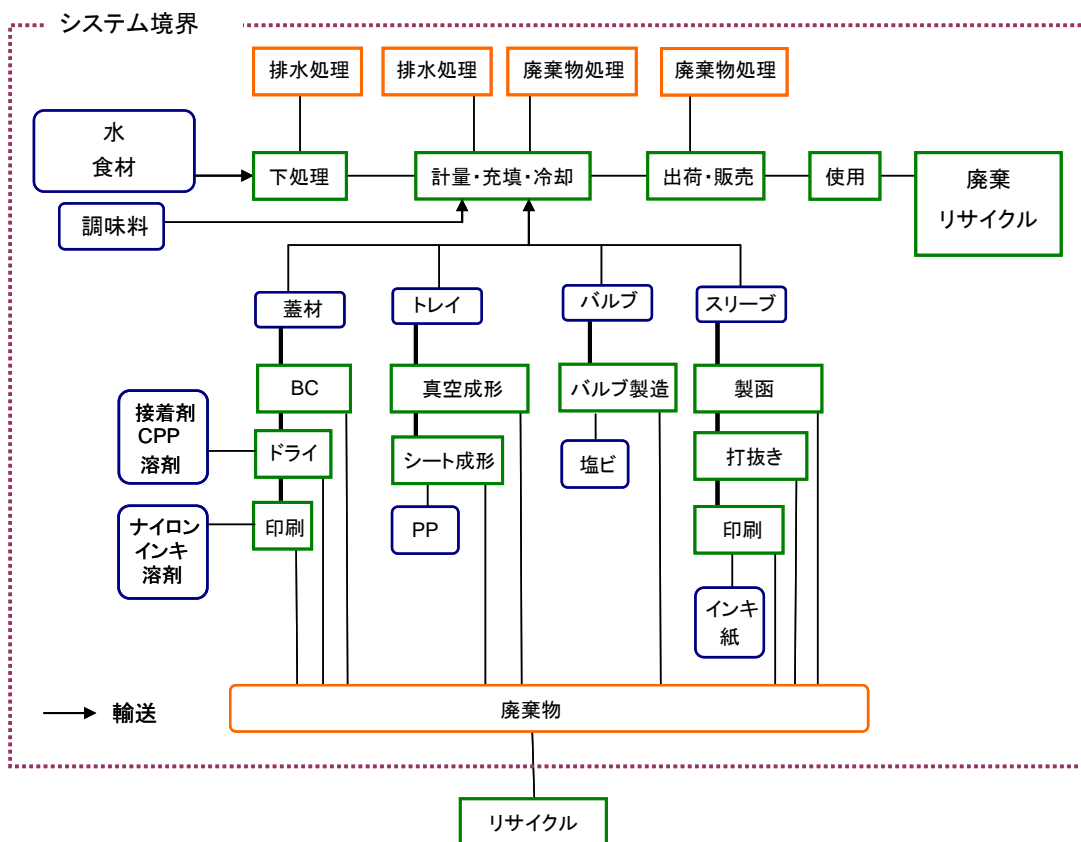


図 3. 3-2 MicVac 調理品のシステム境界

日配惣菜品（以下、日配品と略す）の製造上の特徴は、下処理段階で食材の洗浄やカットに加え、調味まで行ってから充填されることである。各工程で排出される水及び、食材や容器の廃棄物処理も評価に含めた。販売段階においては、販売時の店舗エネルギーと食品残渣として排出される廃棄物処理を算定に含めた。

MicVac 調理品（以下、MicVac 品と略す）の製造上の特徴は、下処理段階で食材の調理は行わずに、充填段階において、調味料とカットした食材を合わせた後、マイクロウェーブ殺菌と同時に調理を行うことである。各工程で排出される水及び、食材や容器の廃棄物処理も評価に含めた。販売段階においては、販売時の店舗エネルギーと食品残渣として排出される廃棄物処理を算定に含めた。容器に関しては、図 3.3-2 から分かるように、スリーブ(外包装箱)でパッケージングされていることやバルブの製造工程があるため、日配品の製造フローと比べ、工程が複雑に見える。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

#### 4.1.1 食材

食材に関するデータは、MicVac システムを導入した商品開発を共同で行ったフジッコ株式会社様よりご提供頂いた。ただし、食材の製造に関しては、MiLCA のバックグラウンドデータを利用した。

MicVac 品と日配品の肉じゃがは、食材量のバランスに相違があった。そこで食材量の違いが評価結果に影響を与えないようにするため、食材のロス率をそのまま反映し、各食材の割合が同じになるよう調整した。

#### 4.1.2 容器

容器に関するデータは自社内で調査を行った結果を用いた。一部入手できなかったデータについてはバックグラウンドデータを利用した（4.2 参考）。

#### 4.1.3 販売時の店舗エネルギー

販売時の店舗エネルギーについては経産省「業務用冷蔵庫及びショーケース等判断基準小委員会」コンビニ用冷蔵ショーケースの消費電力を容積按分し、各対象製品の廃棄率より店頭に並ぶ時間を算出し、対象製品 1 個あたりの消費電力を算出した。そして、財団法人 日本エネルギー経済研究所「商業部門における電力消費実測調査からの一考察スーパー・コンビニの省電力・負荷平準化の可能性について」より一日電力量の回路構成比の冷蔵ショーケース及びショーケース照明分に当てはめ、各対象製品に関わる店舗全体のエネルギーを算出した。その後、冷凍機など無関係な部分を排除したエネルギーを販売時の店舗エネルギーとした。

#### 4.1.4 販売時の食物残渣

MicVac 品の店舗廃棄率は、ノルウェーの Rieber & Son 社の販売実績データを元にし、日配品の廃棄率は国内ヒアリング結果を元にした。なお、消費者廃棄段階には食材の廃棄は含めず、容器のみ対象とした。

## 4.2 バックグラウンドデータ

DNP で製造していない容器に関しては、社団法人プラスチック処理促進協会「樹脂加工におけるインベントリデータ調査報告書」より引用した。

## 4.3 評価方法

インベントリ分析及びインパクト評価には MiLCA を使用した。  
ウォーターフットプリントには伊坪研究室提供の「水資源原単位データベース」を利用し、水資源消費による被害評価(人間健康)は、本下氏提供の「impact factor list on water consumption」を利用した。

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2 を利用し、特性化、被害評価、統合化の3ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域を表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

|              | 特性化 | 被害評価 | 統合化 |
|--------------|-----|------|-----|
| 資源消費（エネルギー）  | ○   | ○    | ○   |
| 資源消費（鉱物）     | ○   | ○    | ○   |
| <b>地球温暖化</b> | ○   | ○    | ○   |
| 都市域大気汚染      | ○   | ○    | ○   |
| オゾン層破壊       | ×   | ×    | ×   |
| 酸性化          | ○   | ○    | ○   |
| 富栄養化         | ○   | ○    | ○   |
| 光化学オキシダント    | ○   | ○    | ○   |
| 人間毒性         | ○   | ○    | ○   |
| 生態毒性         | ○   | ○    | ○   |
| 室内空気汚染       | ×   | ×    | ×   |
| 騒音           | ×   | ×    | ×   |
| <b>廃棄物</b>   | ○   | ○    | ○   |
| 土地利用         | ×   | ×    | ×   |
| 水資源消費        | ×   | ○    | ×   |

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 特性化

#### 5.2.1.1 地球温暖化

地球温暖化(GHG 排出量)に着目した結果を図 5.2-1 に示す。MicVac 品と日配品 1 パック当たりの GHG 排出量は、それぞれ 621g と 722g であり、MicVac 品は約 100g もの GHG 排出量を削減できることが分かった。

原材料調達段階に着目すると、MicVac 品の方が約 20%小さくなっている。MicVac 品は、容器に直接生の食材を投入するため、日配品に比べて食材ロスを削減できるという特徴が現れた結果となっている。

下処理段階に着目すると、MicVac 品は日配品の 1/9 まで GHG 排出量を削減できることが分かった。日配品の下処理工程では、食材の煮熟・ポイルなどの調理に多くのエネルギーを消費するのに対し、MicVac 品は、生の食材を容器に入れた後、MW にて加熱・調理を行うためにエネルギー消費が抑えられることに起因する（MW によるエネルギー消費は計量・充填・冷却・調理段階で計上）。

一方で、容器製造段階は MicVac 品の方が大きい。MicVac 品の容器は、トレーの重量が重いこと、ロス率が高いこと、またスリーブ（外箱）がリッチな作りになっているためである。容器設計の改善により、さらに GHG 排出量を低減可能であることがわかった。

販売段階での食品残渣処理に要するエネルギー使用量は、ライフサイクル全体における影響は小さいことがわかった（販売段階で廃棄される食材自体は、原材料調達段階に含まれている）。

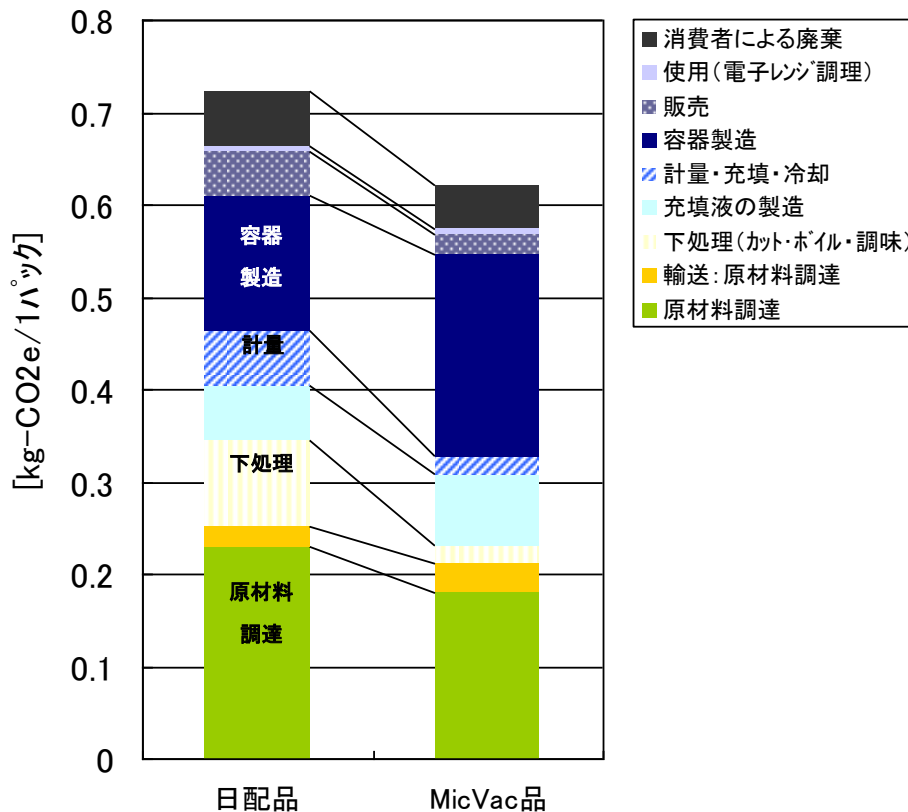


図 5. 2-1 MicVac 調理品と日配惣菜品の各工程における GHG 排出量

続いて、物質ごとにみると、両製品ともに 75%以上が CO<sub>2</sub> 由来で、エネルギー使用に起因することがわかった（図 5. 2-2）。N<sub>2</sub>O と CH<sub>4</sub> は原材料調達からの排出が 7 割以上を占め、中でも牛肉の影響が大きかった。N<sub>2</sub>O は牛の排泄物由来であり、CH<sub>4</sub> は牛の消化管内発酵いわゆるげっぷに起因するところが大きい。



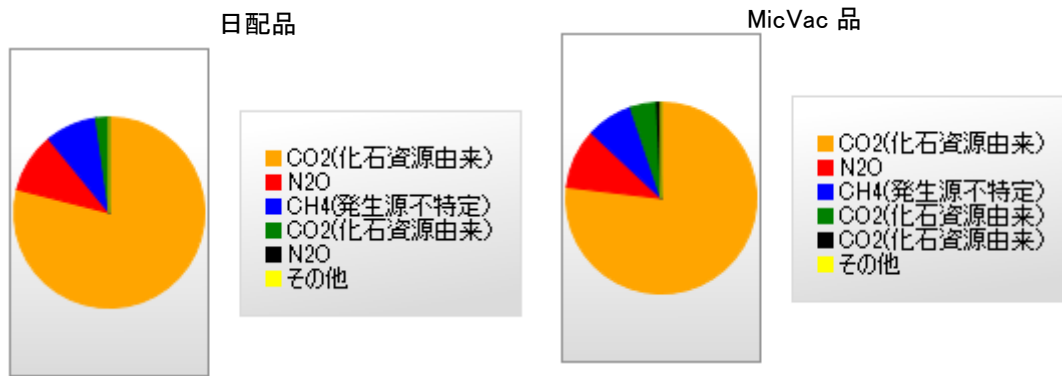


図 5. 2-2 物質ごとの地球温暖化特性化比較

### 5.2.1.2 廃棄物

MicVac 品は容器製造の廃棄物量が多いものの、原材料投入量と販売時の食品廃棄物量が少ない効果が大きく、日配品に比べて廃棄物の影響を 23%削減できることがわかった。MicVac 品の容器製造の影響が大きかったのは、外装箱に用いている板紙製造過程によるもので 9 割を占めていた。ただし、MilCA に登録されている産廃焼却処理に含まれる埋立処理のインベントリデータに問題があるため、影響が大きく算出されていることがわかった。今後、インベントリデータ更新が予定されており絶対量は変わるが、両製品の差異は変わらないと思われる。

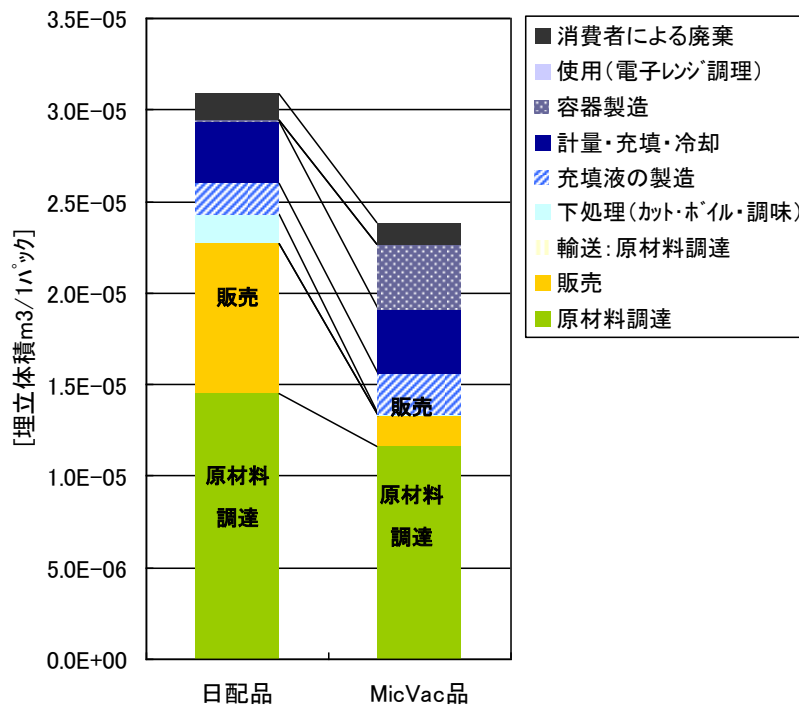


図 5. 2-3 廃棄物への影響比較

### 5.2.1.3 水資源消費

水の投入量および消費量を図 5. 2-4 に示す。MicVac 調理品のほうが、投入、消費量ともに少ない。MicVac 調理品は日配惣菜品より食材の投入量が少ないことに起因している。物質ごとにみると、いずれも食材由来の水の割合が高く、その約 60%が牛肉由来であった。また、容器由来の水使用量は 1%以下であった。

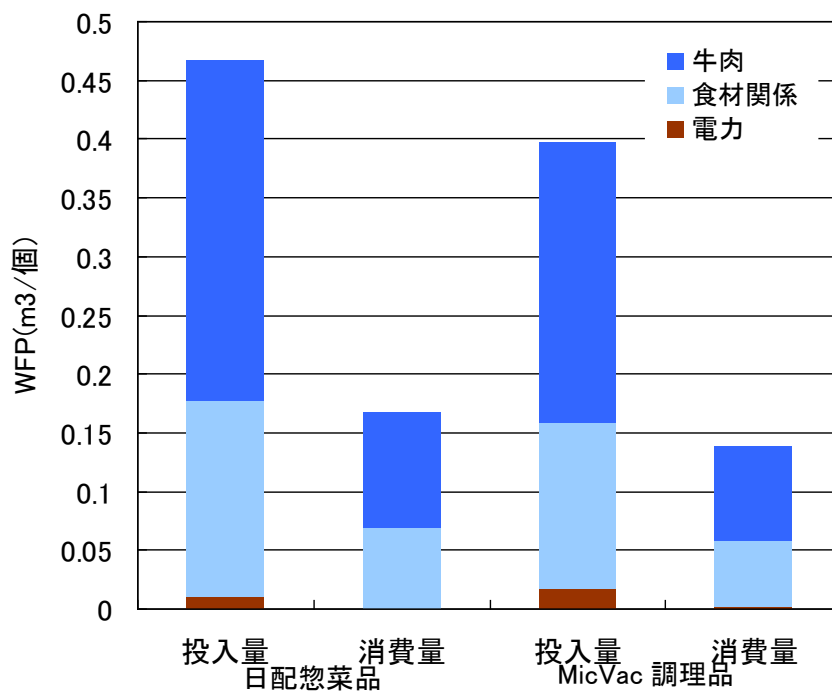


図 5. 2-4 水投入量と消費量の比較

## 5.2.2 影響評価

### 5.2.2.1 人間健康

影響領域ごとみると両製品で差異はなく、地球温暖化と都市域大気汚染が大多数を占めている (図 5. 2-5)。物質ごとでは、CO<sub>2</sub> と SO<sub>x</sub> の影響が非常に大きく、いずれも電力由来である。

また、工程ごとの被害量を比較すると (図 5. 2-6)、下処理段階と計量・充填・冷却段階で MicVac 品の優位性が高い。MicVac 品は、日配品に比べて下処理段階で 85%低減、計量・充填・冷却段階で 70%低減されており、電力使用量が小さいことが影響している。さらに、上記に示した MiLCA の結果に水消費量の人間健康への影響を加えて評価した。影響評価には、本下氏提供の「impact\_factor\_list\_on\_water\_consumption」を利用した。

肉以外の食材を日本で生産した場合について評価した結果、日本における水消費の影響は非常に小さいことがわかった。

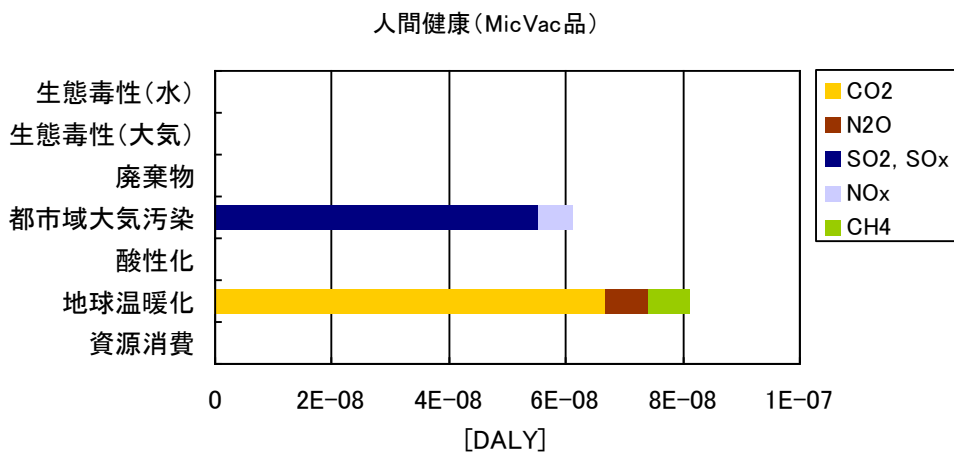
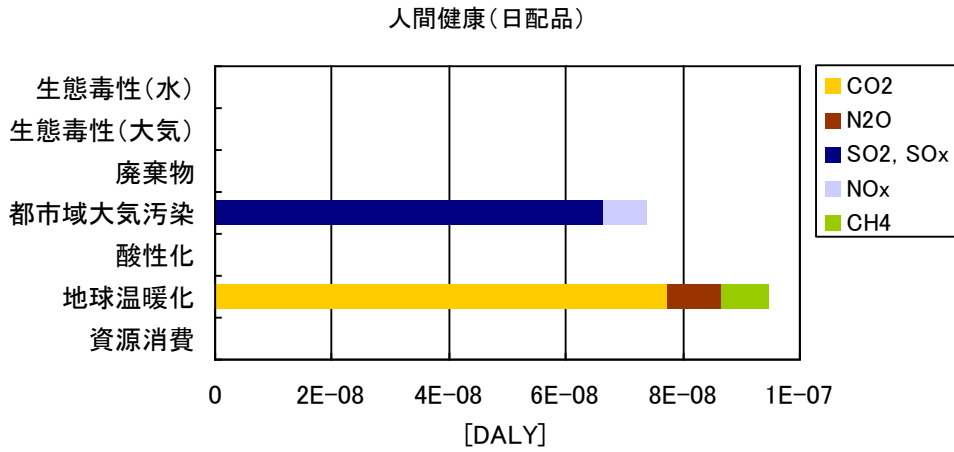


図 5. 2-5 人間健康の影響領域比較

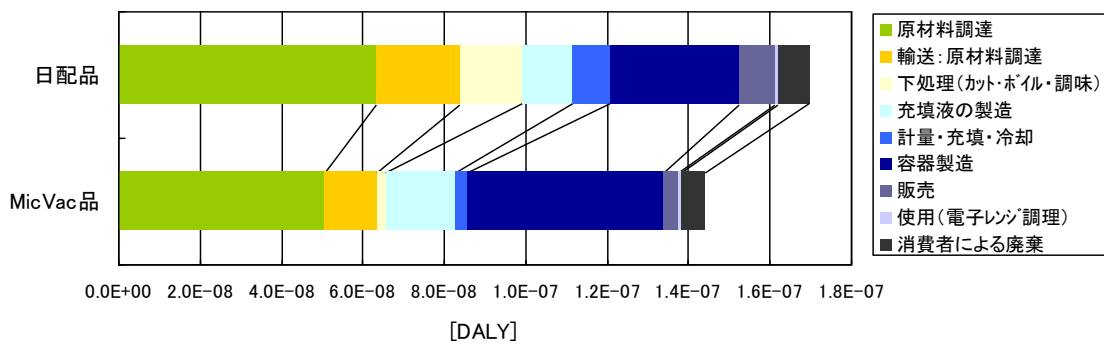


図 5. 2-6 工程ごとの人間健康への被害量

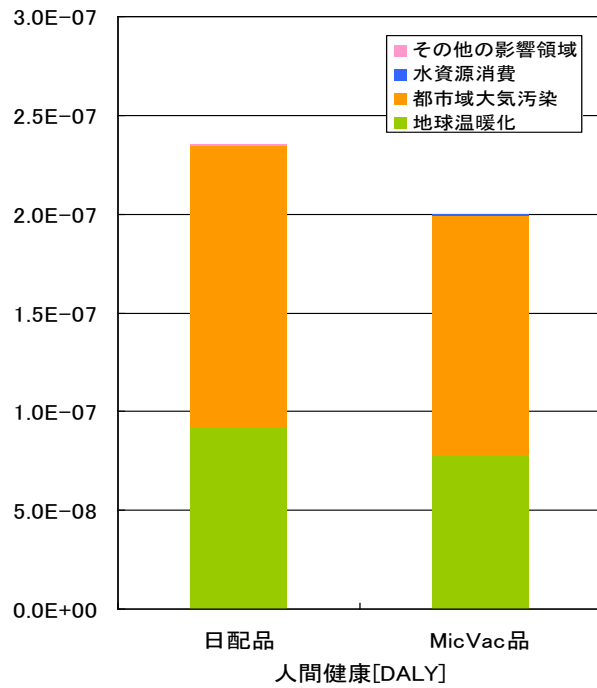


図 5. 2-7 影響領域ごとの人間健康被害 (水資源消費の影響追加)

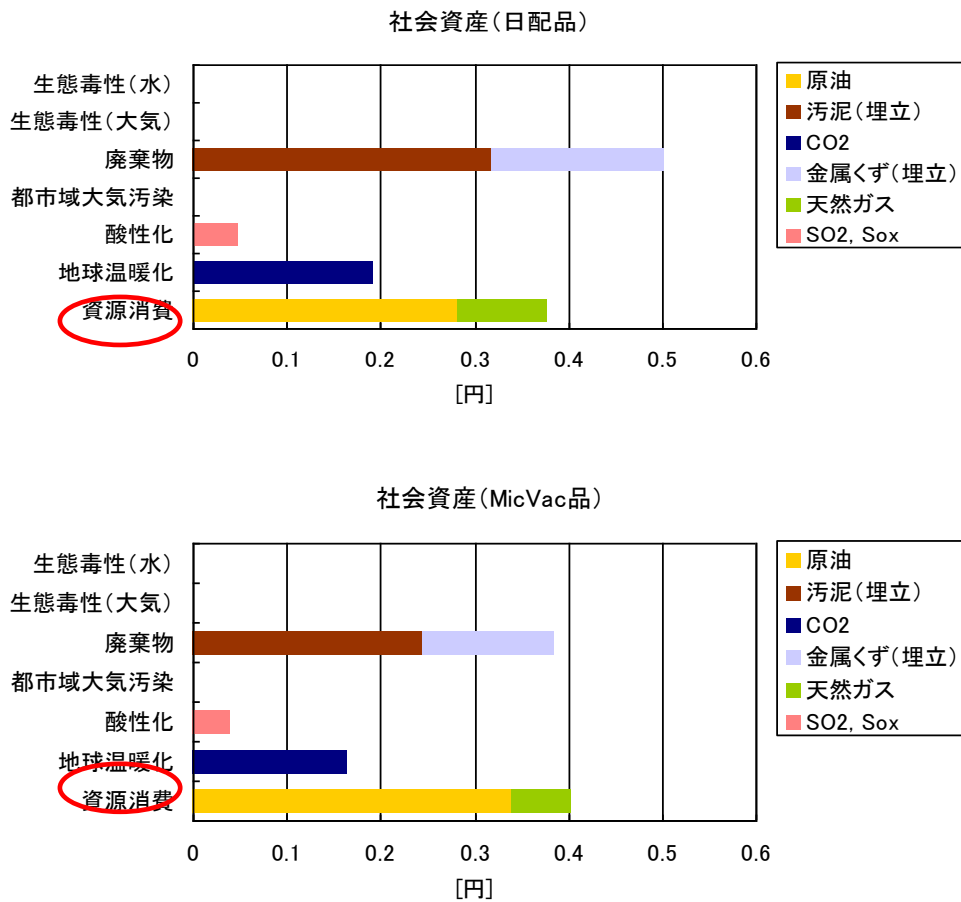


図 5. 2-8 社会資産の影響領域比較



### 5.2.2.2 社会資産

社会資産全体では、日配品が 1.28 円、MicVac 調理品が 1.12 円であり、日配品のほうがわずかながら大きい。しかし影響領域ごとにみると、資源消費の影響は MicVac 調理品のほうが大きく、容器構成数が日配品より多く、製造に要する電力が大きいことに起因する。一方、日配品は原材料の下処理に都市ガスを用いているため、天然ガスの影響が大きくなっている。社会資産全体では、MicVac 品は廃棄物量の削減効果が高いため被害量は小さい。対象物質にプロセスから出ないと考えられる金属くずが含まれるが、MiLCA のバックグラウンドデータによるもので、平均的な産廃処理サービスに基づいて作成されたためである。

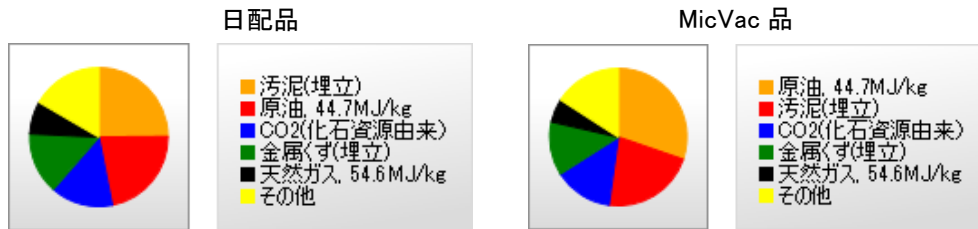


図 5. 2-9 社会資産の物質ごとの比較

### 5.2.2.3 一次生産

一次生産も MicVac 品の環境負荷のほうが小さく、特に廃棄物の削減効果大きい。また、一般炭による被害量は両製品で同じだが、影響する段階は異なり、MicVac 品は容器製造段階、日配品は下処理と計量・充填・冷却段階に要する電力が大きく、各々相殺された結果、同程度となっていた。

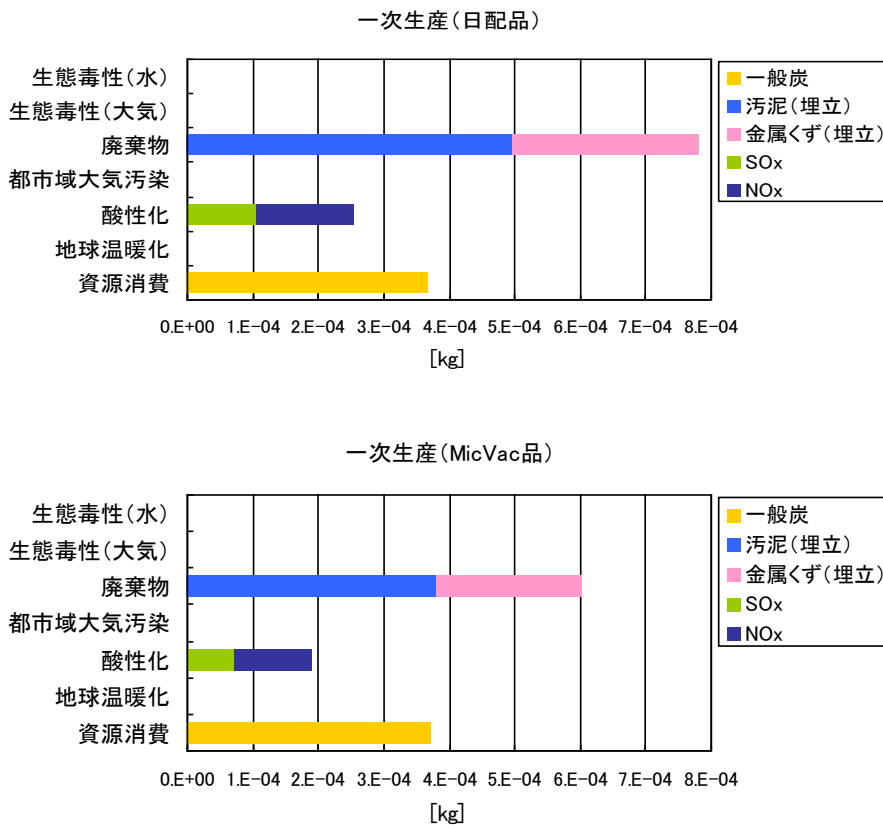


図 5. 2-10 一次生産の影響領域比較

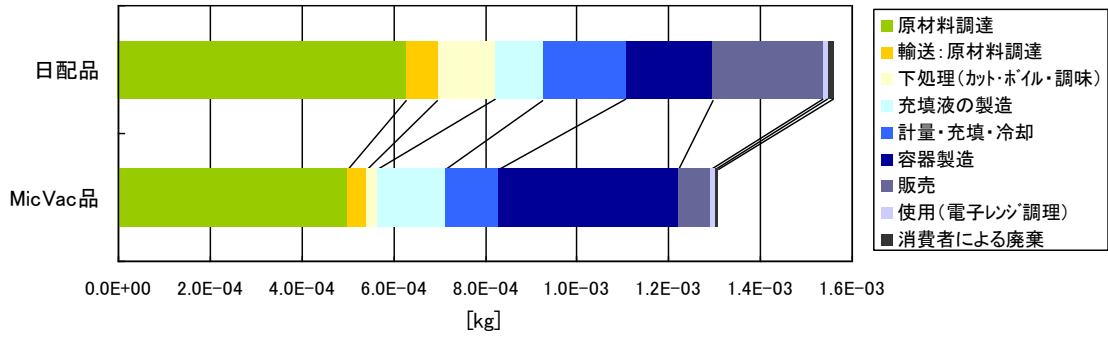


図 5. 2-11 工程ごとの一次生産への被害量

### 5.2.2.4 生物多様性

生物多様性も両製品で影響領域は同様であり、廃棄物と生物毒性(大気)が主であった(図 5.2-12)。生物毒性の影響物質としてニッケル、ヒ素、亜鉛などが出ているが、全て電力由来であり、直接対象製品の製造で使用したものではない。MicVac 品の生物多様性への影響が小さいことも、食材投入量と店舗廃棄量が少ない効果が現れた結果となっている。

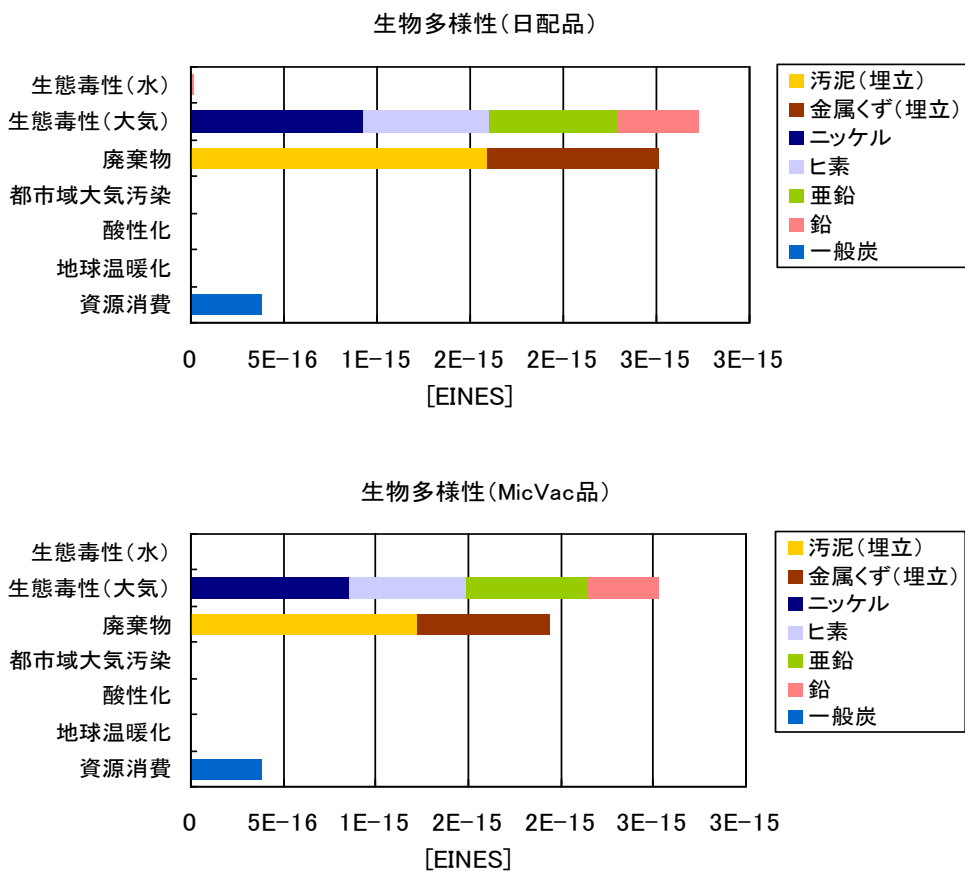


図 5. 2-12 生物多様性の影響領域比較

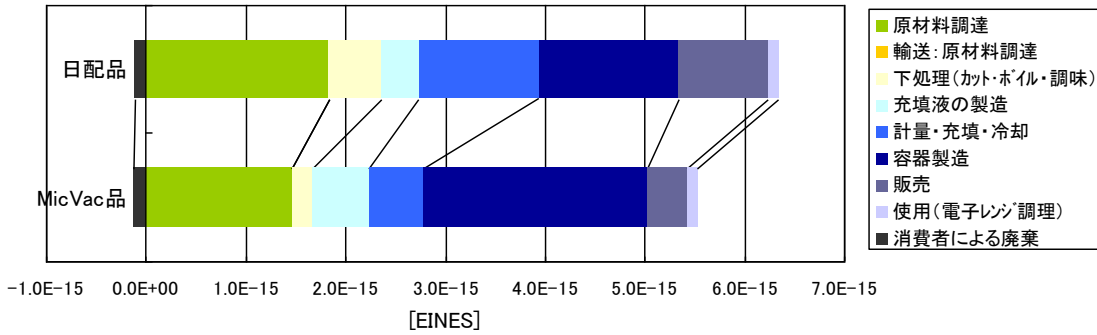


図 5. 2-13 工程ごとの生物多様性への被害量

### 5.2.3 統合化

全体では日用品 4.00 円、MicVac 品 3.43 円であり、MicVac 品のほうが環境影響は小さい。

影響領域別にみると、地球温暖化 (CO<sub>2</sub>)、都市域大気汚染(SOx)、廃棄物への影響が大きかった。いずれも MicVac 品のほうが影響は小さく、地球温暖化への影響は 14%、都市域大気汚染への影響は 16%、廃棄物への影響は 23%低減されている。地球温暖化に大きく影響している要因は、原材料投入量低減による生産に関わるエネルギー使用量の削減、食材の下処理に要するエネルギー使用量の削減、および店舗廃棄時の廃棄物処理のエネルギー使用量の削減である。また、都市域大気汚染も主にエネルギー使用量の削減効果に起因し、廃棄物は食材廃棄物量削減による最終処分場（埋立）の消費抑制に起因している。

工程別にみると、下処理段階における MicVac 品の優位性が目立つ。MicVac システムはエネルギー消費量を削減できる画期的なシステムであることを LIME2 手法により示すことができた。

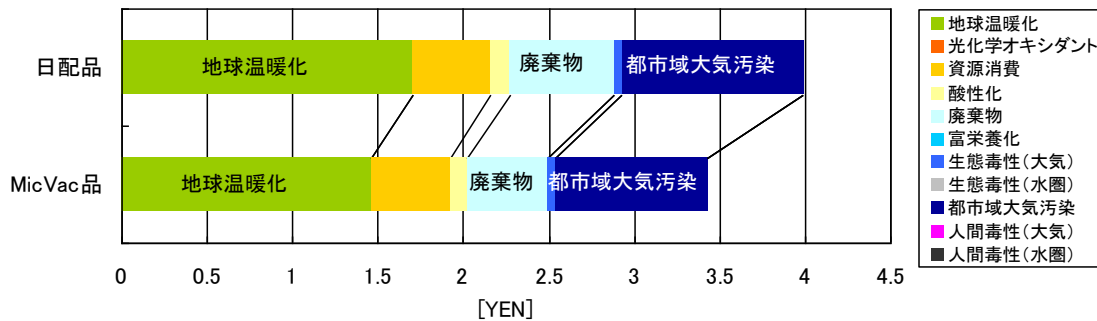


図 5. 2-14 影響領域別統合化結果

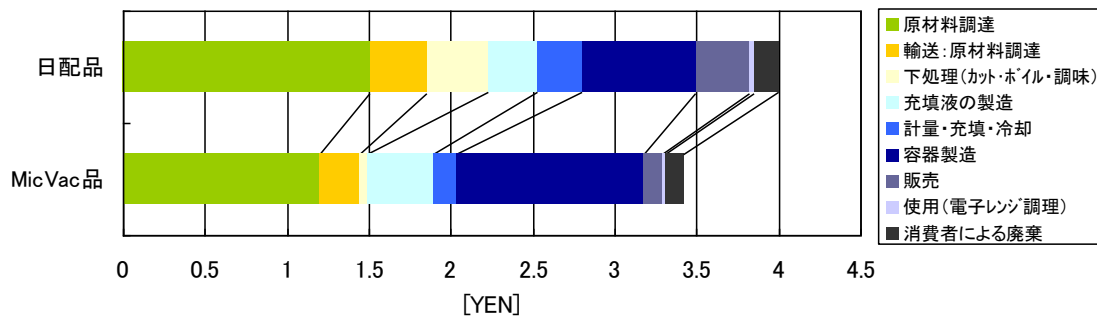


図 5. 2-15 工程別統合化結果

### 5.3 感度分析

#### 5.3.1 使用段階における家庭保存の影響

MicVac 品はチルド保存品のため、消費者が購入してから家庭用冷蔵庫に一定期間保存する場合がある。そこで、平均保存期間<sup>※1</sup> 冷蔵庫で保管する場合と賞味期間（35 日）保管する場合について感度分析を行った。冷蔵庫の平均容量は、食品の CFP-PCR に記載されたシナリオを参考にした（参考文献 3）。さらに容器容積で消費電力を按分し、保管に要する電力とした。

統合化結果をみると、最大 35 日間保存した場合でも日配品の被害量より小さいことがわかった（図 5. 3-2）。また、影響の大きい主要物質も変化なかった（図 5. 3-3）。

※1 平均保存期間は、テスト販売のアンケート結果を参考にした。

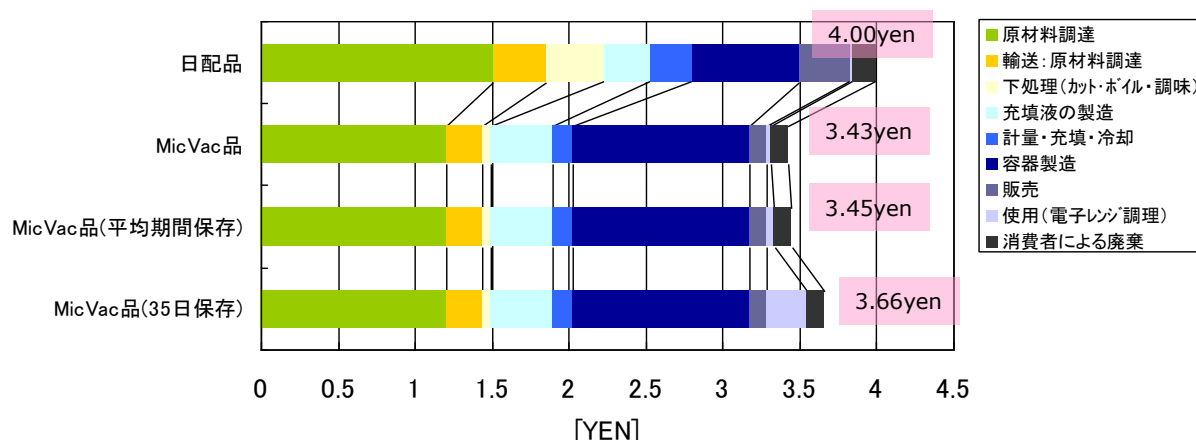


図 5. 3-1 家庭での保存を含めた統合化結果

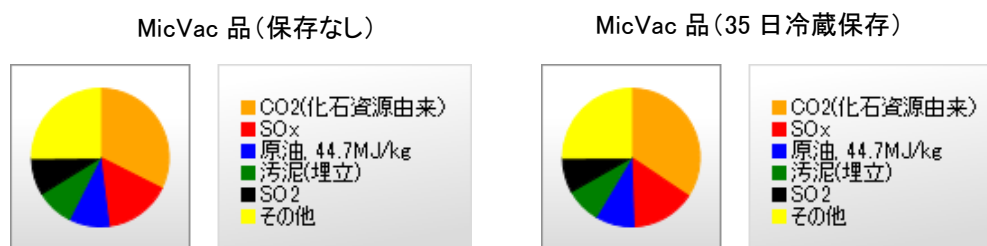


図 5. 3-2 MicVac 調理品の物質ごとの統合化比較

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

MicVac 調理品は、製造段階での食品残渣が日配惣菜品より少なく、保存期間が 30 日程度と長いいため販売段階での廃棄量も少ないという特徴がある。工程別にみると、ライフサイクルを通して原材料調達段階の被害割合が最も高いことがわかり、上記に示した MicVac 品の特徴は環境負荷削減に効果的であることがわかった。一方で、MicVac 品は容器製造段階の負荷が相対的に大きくなることがわかり、包装設計の見直しや製造工程のロス軽減など改



善が必要であることが明らかとなった。実際の販売品ではスリーブの簡易化を図り、負荷を軽減している。

また、環境影響の中では、地球温暖化、都市域大気汚染、廃棄物への影響が大多数を占め、MicVac 品は日配品に比べて地球温暖化の影響を 14%削減、廃棄物の影響を 23%削減できることがわかった。このことから、MicVac 品は環境影響全体でみても環境負荷が小さいことを示すことができた。

## 6.2 限界と今後の課題

今回は肉じゃがを対象商品としてMicVac品と日配品の比較を行なった結果、食材の種類、特に肉が含まれると水使用量が大きく異なることがわかった。また、原材料調達段階の影響が大きかったことから、対象商品のメニューが異なる場合は結果が異なる可能性がある。さらに食材によっては、製造にかかわる一次データを入手する必要性をその都度考慮してLCAを行うべきと考える。

### 参考文献

- 1) プラスチック処理推進協会 樹脂加工におけるインベントリデータ調査報告書代2版 資料 36、37、39
- 2) 財団法人 日本エネルギー経済研究所「商業部門における電力消費実測調査からの一考察 スーパー・コンビニの省電力・負荷平準化の可能性について」
- 3) CFP-PCR（商品種別算定基準）PA-AI-04（ハム・ソーセージ類）、PA-BF-04（野菜および果実）





## 【事例6 詳細報告】

# 環境影響評価の化学物質排出削減活動への応用

帝人株式会社

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関: 帝人株式会社

名 前: 大迫 真一、服部 啓次郎

### 1.2 報告書作成日

2012/07/01

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

事業活動、特に最終製品の生産に関わる化学物質排出の環境影響を LCA により評価し、グループ全体としての排出削減目標立案への応用を検討する。

### 2.2 調査結果の用途

帝人グループ内における各事業の化学物質排出動向及びその環境影響動向を把握し、その特徴を捉えることにより、重点的に削減すべき物質を明確化し、長期的目標推進の材料とする。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

帝人グループ国内・海外の全事業（6事業グループ）において、製品の生産に関わる事業所を対象とする。

### 3.2 機能および機能単位

帝人グループ国内・海外の全事業（6事業グループ）から排出された化学物質で、特に最終製品の生産に係る工程での排出とする。

各事業グループの概要を以下に示す。

高機能繊維・複合材料事業グループ

高機能繊維事業本部

高強度、高弾性を有するパラ系アラミド繊維と耐熱性や難燃性に優れたメタ系アラミド繊維を展開しています。特にパラ系アラミド繊維は世界シェア約50%を占めています。

軽量で優れた強度を誇るパラ系アラミド繊維「トフロン」は、防護衣料、自動車のブレーキパッドなどの摩擦材やタイヤの補強材、光ファイバーケーブルの補強材などに広く使われています。



「トフロン」が使われている光ファイバーケーブル

炭素繊維・複合材料事業本部

炭素繊維「テナックス」と、それを使用した炭素繊維複合材料(CFRP)を展開しています(→P13-14)。炭素繊維としては世界第2位の生産能力を持っています。

「テナックス」は、高強度・高弾性による軽量特性を活かし、航空機用途や風力発電用のブレード(羽根)などに活用されています。また、帝人(株)複合材料開発センターは、CFRPに熱可塑性樹脂を使用することで、世界で初めて1分以内に成形可能な技術を確認し、CFRPによる成形部品の用途開発に注力しています。



オール熱可塑性CFRP車体骨格コンセプトカー

ヘルスケア事業グループ

医薬品の製造・販売と在宅医療機器の製造・サービス提供などを展開。高尿酸血症治療薬や在宅医療においては海外展開も推進しています。

2012年4月、安心・安全・省エネタイプの在宅医療用酸素濃縮装置「ハイサンソ3S」を発売しました。停電・故障時に音声メッセージで対処方法をご案内する機能を備えており、患者様に安心してお使いいただけます。



「ハイサンソ®3S」

電子材料・化成品事業グループ

フィルム事業本部

太陽電池のパックシートや液晶TVのディスプレイに使われるポリエステルフィルムの生産能力は世界トップクラス、自社開発のポリエチレンナフタレートフィルムの世界シェアはほぼ100%です。

タッチパネル用フィルム「エレクリア」を市場に供給展開しています。これは、帝人化成(株)が製造するポリカーボネートフィルムと、帝人デュボンフィルム(株)が製造するポリエステルフィルムの2材料をベースとして用いた薄くて軽い透明導電性フィルムです。



タッチパネル用フィルム「エレクリア」

樹脂事業本部

主力のポリカーボネート樹脂の生産能力はアジアナンバーワン。コンパウンド技術、加工技術などを生かし、新幹線や自動車の樹脂窓、LED照明、タッチパネル用フィルムなど、幅広い分野に製品を供給しています。

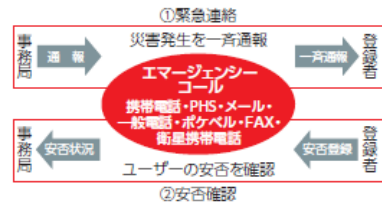


IT事業グループ

情報システムの運用・開発・メンテナンスを提供しています。

「エマーゼンシーコール」は、安否確認や迅速・確実な相互連絡のために開発されたシステムです。天災や犯罪被害などのリスクから子どもを守るという有効性が認められ、多くの私立小学校で採用されています。

「エマーゼンシーコール®」の仕組み



製品事業グループ

流通・製品事業本部

繊維原料、衣料製品、産業資材、化成品、生活雑貨などを総合的に企画・販売しています。

超軽量・コンパクトな大型仮設テント「エアロシェルターⅡ」は、軽量・高強度なポリエステル繊維「パワーリップ」をベースにしています。外気を通しにくく、難燃性も有していることから、仮設避難施設やイベントなどに活用されています。

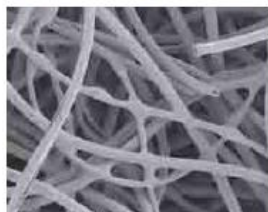


「エアロシェルターⅡ」

ポリエステル繊維事業本部

衣料、インテリア生活資材、産業資材などを製造・販売するほか、循環型リサイクルシステム「エコサークル」をグローバルに展開しています。

「エルク」は、弾力性・耐久性・通気性に優れた高機能クッション材です。使用後に「エコサークル」を活用することでリサイクルも可能です。燃焼時の有毒ガスの発生も最小限に抑えます。



「エルク」

新事業開発推進グループ

帝人(株)に設置された新事業開発推進グループが、各事業会社とともに新市場の創出を推進しています。

革新的セパレータ「リエルソート」は、リチウムイオン2次電池(LIB)の安全性向上や長寿命化、高容量・高出力化を実現します。急増するタブレットPCや自動車などに向けた次世代LIB仕様のデファクトスタンダード化を図ります。

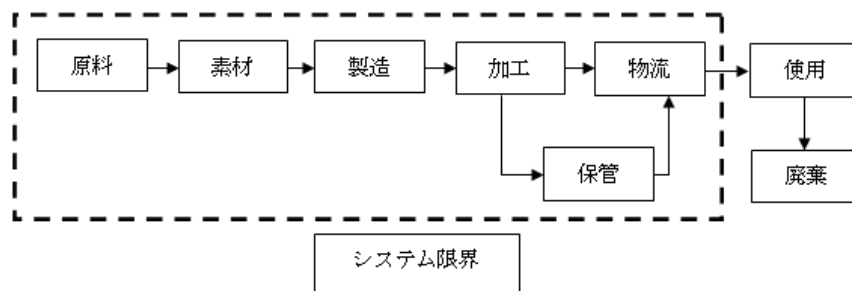


革新的セパレータ「リエルソート」



### 3.3 システム境界

原料、素材（中間体）、製造から加工、物流及び回収までとしている。



### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

事業活動の中で、特に製品の生産に関わる環境影響に注目して評価を行うため、その製品の使用、及び廃棄段階については評価対象外とした。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

各事業グループで製品を生産するために必要な原料、資材、エネルギーに関するデータは、「2012年度帝人グループCSR報告書」に記載の情報をベースとし、一部は直接事業グループからアンケート方式にて回収した実績数値を使用した。

### 4.2 バックグラウンドデータ

必要に応じて自社データベースを使用した。

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2 を利用し、特性化、被害評価、統合化の3ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域について表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

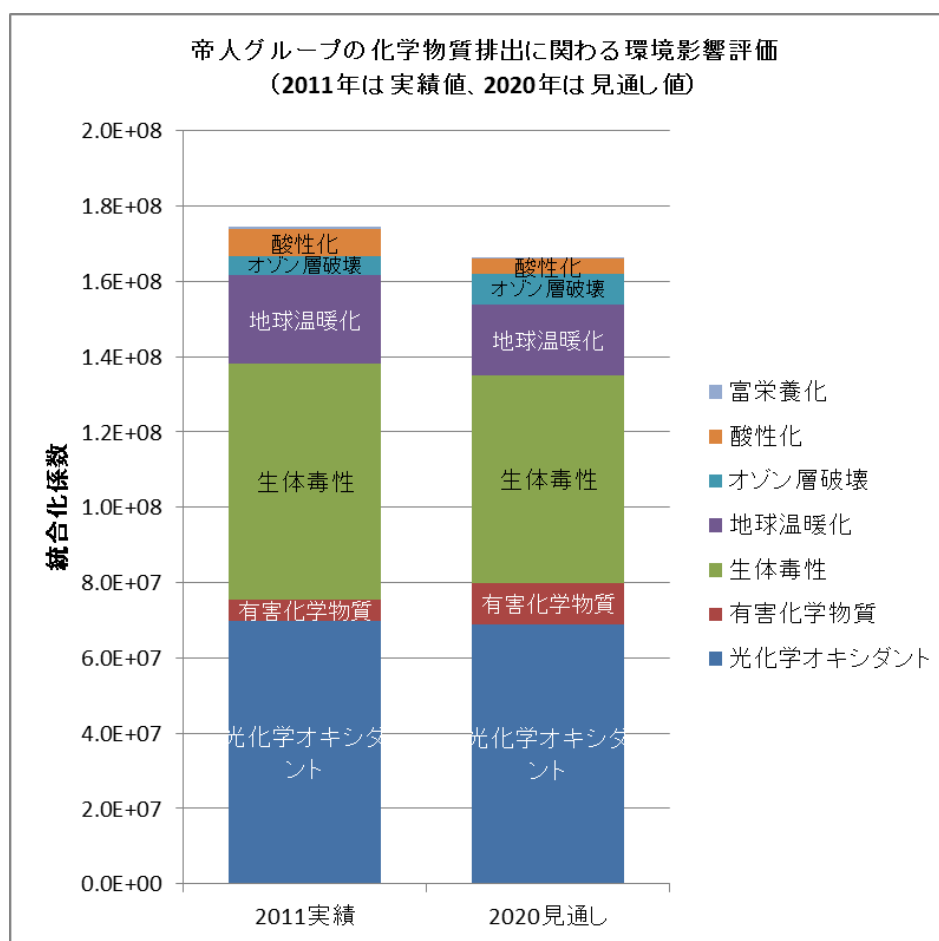
|             | 特性化 | 被害評価 | 統合化 |
|-------------|-----|------|-----|
| 有害化学物質      | ○   | ○    | ○   |
| 資源消費（エネルギー） |     |      |     |
| 資源消費（鉱物）    |     |      |     |
| 地球温暖化       | ○   | ○    | ○   |
| 都市域大気汚染     |     |      |     |
| オゾン層破壊      | ○   | ○    | ○   |
| 酸性化         | ○   | ○    | ○   |
| 富栄養化        | ○   | ○    | ○   |
| 光化学オキシダント   | ○   | ○    | ○   |
| 人間毒性        |     |      |     |
| 生態毒性        | ○   | ○    | ○   |

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| 室内空気質 |  |  |  |
| 騒音    |  |  |  |
| 廃棄物   |  |  |  |
| 土地利用  |  |  |  |

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 各事業の影響領域別統合化評価

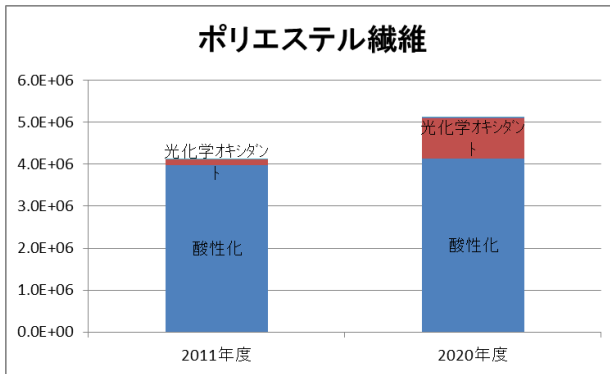
帝人グループ各事業から、生産に伴って排出される化学物質に関して 2011 年度の実績及び 2020 年の長期目標に対する影響領域別の統合化評価を実施した。



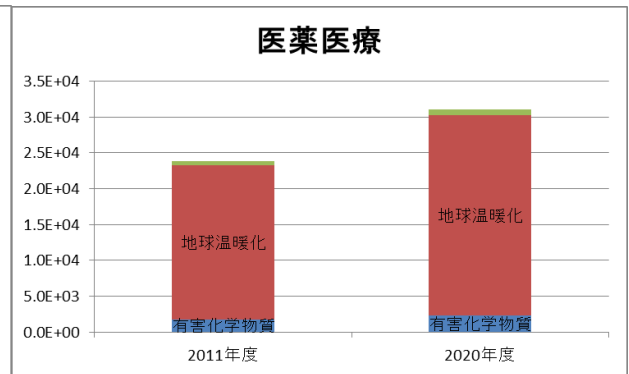
帝人グループ全社から排出される化学物質による環境影響は、光化学オキシダント、生態毒性、地球温暖化へのインパクトが大きく、2011年から2020年にかけて、係数は縮小される（約5%）ものの、傾向は大きくは変化しないことが分かった。全体の中で占める比率について、有害化学物質の影響が増大することに留意しなければならない。

【事業別変動見込み】(2010年実績比較)

＜ポリエステル繊維＞

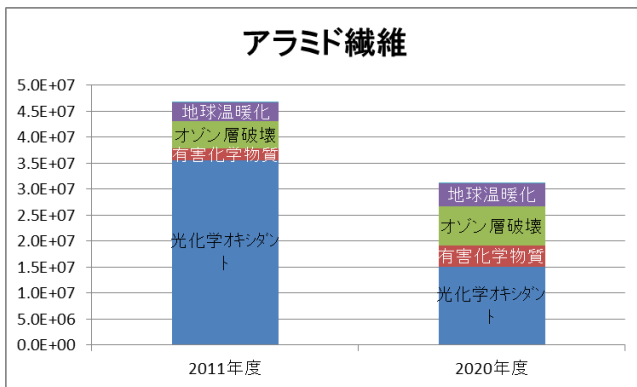


＜医薬医療＞

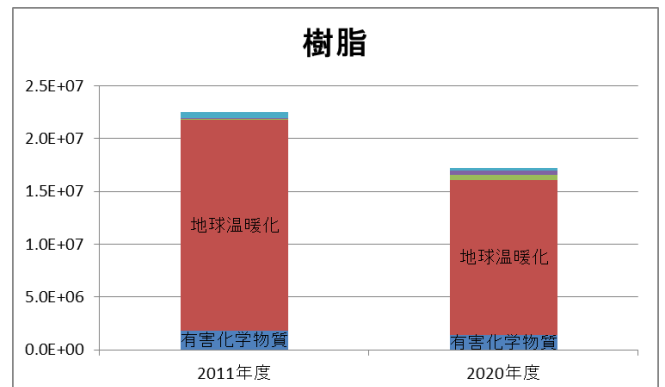


ポリエステル繊維事業、及び医薬医療事業については、影響領域の構成は大きな変化はない。ポリエステル繊維事業で環境影響に大きいインパクトを与えている物質は、「アンモニア、アセトアルデヒド、エチレングリコール等」であり、2011年度は当初予測よりアンモニア削減が進んだ。医薬医療事業では、「ジクロロメタン」の影響が大きく、プロセス改良による削減を進めている。

＜アラミド繊維＞

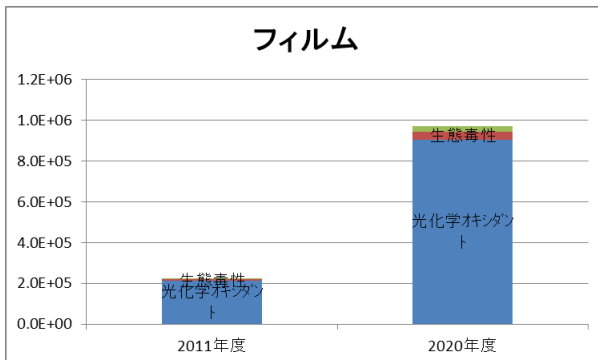


＜樹脂事業＞

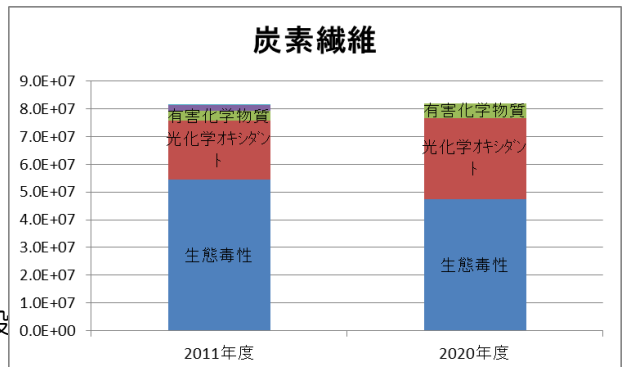


アラミド繊維、樹脂（ポリカーボネート）事業では、今後の設備対応等により、環境影響を削減する対応を予定している。アラミド繊維では、光化学オキシダントにインパクトの大きいMEK（メチルエチルケトン）、DMF（ジメチルホルムアミド）等の削減に取り組む。樹脂事業ではジクロロメタンのインパクトが大きいかかわっており、溶剤の回収効率を上げる努力に取り組む。

＜フィルム＞



＜炭素繊維＞



となるが、その中でもフィルム事業での光化学オキシダントに影響があるMEK削減を留意すべきである。炭素繊維事業では生体毒性の環境影響が大きく帝人グループ全体にインパクトを与える見通しとなるので、アクリル繊維の原料であるアクリロニトリル、ジクロロメタンの拡大防止に努める。

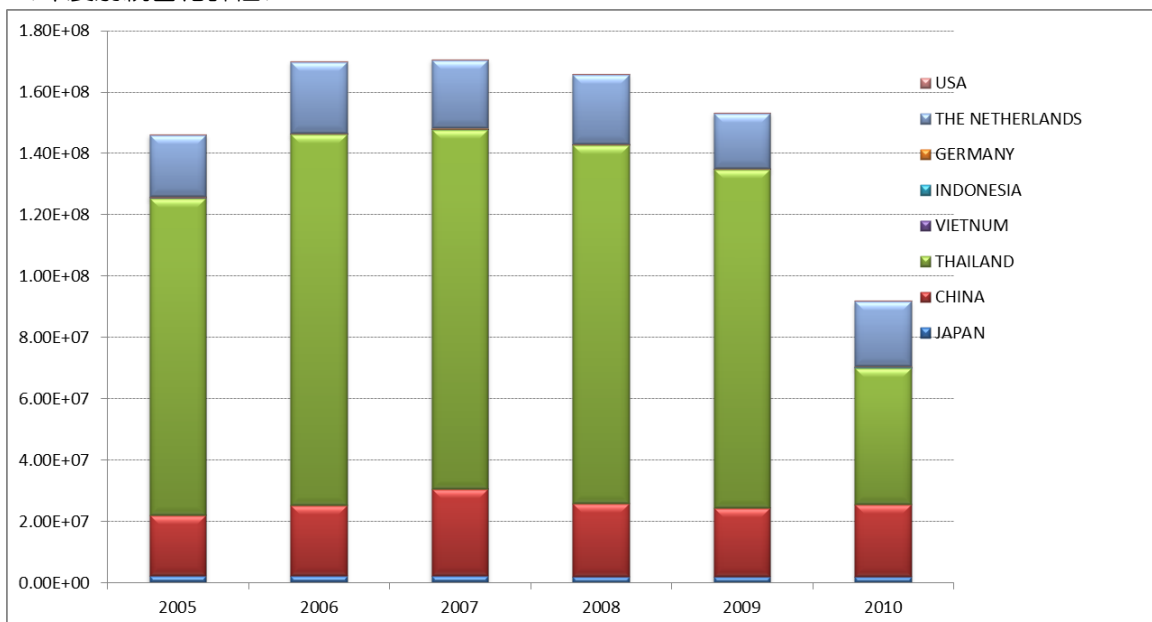
## 5.2.2 淡水使用量に関する世界各地の統合化評価

(独)産業技術総合研究所より提供された「水資源消費の影響評価係数」の情報を活用して、帝人グループ各事業が世界各地において消費している淡水（工業用水、上水、及び地下水）の使用量がどの程度の環境影響にインパクトを与えているか、分析を行った。ここでは、過去からの傾向を見るため、2005年から2010年までの時系列データを作成し統合化評価を実施した。

対象地域と、主に展開している事業は以下のとおりである。

- 1) 中華人民共和国（ポリエステル繊維、樹脂）
- 2) タイ国（ポリエステル繊維）
- 3) インドネシア共和国（フィルム）
- 4) アメリカ合衆国（炭素繊維）
- 5) ドイツ連邦共和国（炭素繊維）
- 6) オランダ（アラミド繊維）
- 7) ベトナム（ポリエステル繊維）
- 8) 日本（比較）

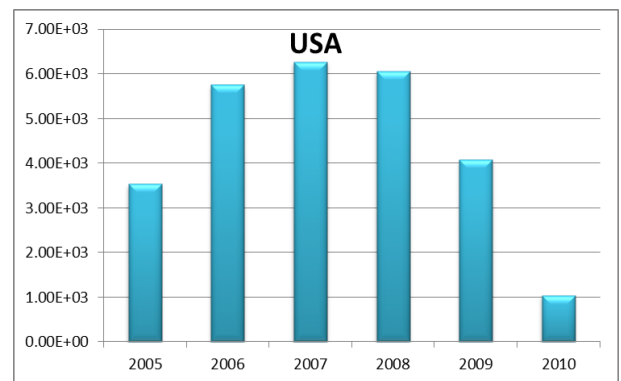
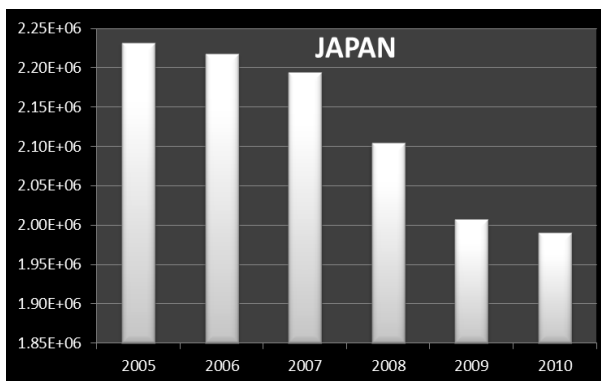
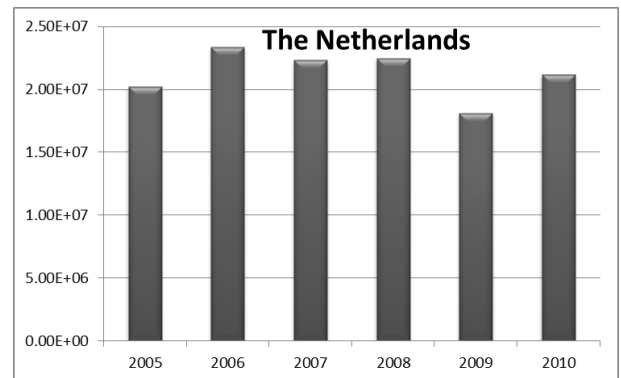
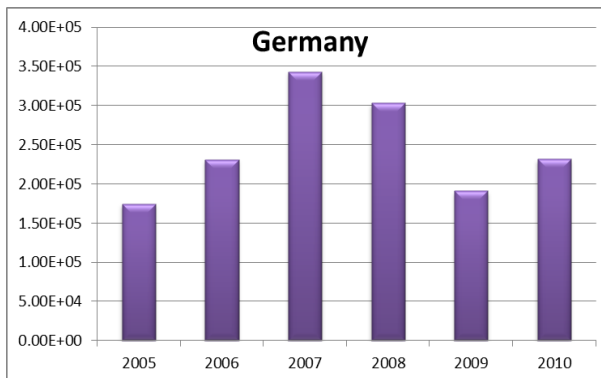
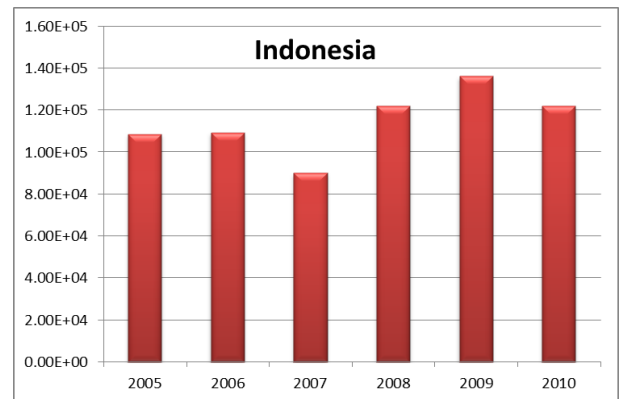
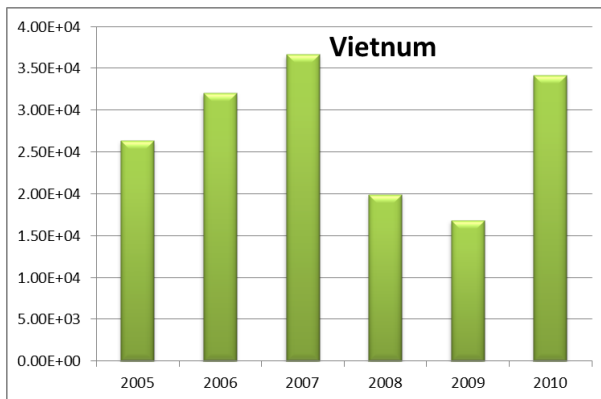
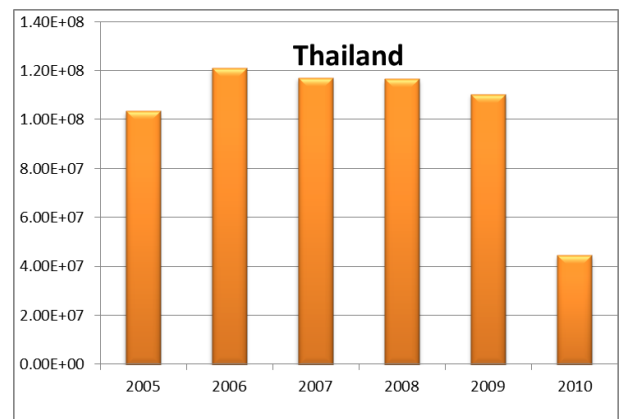
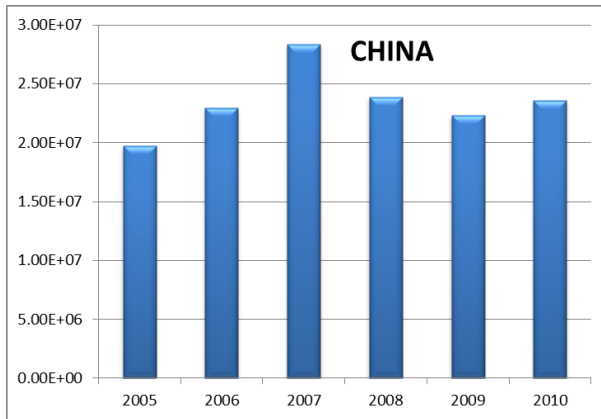
### <年度別統合化評価>



帝人グループが生産拠点を置いているこれらの国々で、淡水系に対して最も大きい統合化係数を示すのはタイ国、続いて中国、オランダとなった。

日本では2005年以降、明確に減少傾向を示しており、タイ・アメリカも同様の傾向にある。一方で、中国、ベトナム、ドイツ、オランダでは2009年から2010年にかけて数値が上昇している。

これらの傾向は、弊社の事業動向とも関連性がみられる。



## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

帝人グループ各事業の生産活動について、特に化学物質の排出に伴う環境影響評価を2011年実績と、2020年の見通しに基づいて行った結果、各事業によって特徴のある結果が得られた。

統合化係数が今後10年で大きく減少することが見込まれる事業（アラミド繊維事業、樹脂事業）、逆に増加することが予想される事業（炭素繊維、フィルム）、そして大きな変化がないと考えられる事業（ポリエステル繊維、医薬医療）の3つのパターンに分かれることが判明した。

環境影響が減少することが見込まれる事業においては、それぞれの事業で特にインパクトの大きい化学物質についての排出削減対策が取られる結果であるが、逆に環境影響が増大する事業においては、排出削減よりも生産増強の影響が大きくなることを示唆していることから、十分な配慮が必要であることが分かった。

また今回の統合化評価を実施するうえで、各事業において、削減すべき化学物質がより明確になっており、今後の目標設定のためにも有効であった。

ちなみに、2010年実績において、単純に排出量の多い順に並べた化学物質のランキングと、統合化評価のランキングを比較してみると、1位のジクロロメタンは変わらないが、量では9位であるキシレンが統合化評価で2位に上昇している。また量では少ないため10位圏外であったスチレンや四塩化炭素、アンモニアといった物質が統合化評価では10位以内に入るという状況である。今後はこれらの状況を鑑み、排出削減対策を取るべきである。

<2010年帝人グループ化学物質排出ランキング>（参考）

| 環境排出量の順位 |                | LIME2による 環境影響度の順位 |           |
|----------|----------------|-------------------|-----------|
| 順位       | 化学物質名          | 順位                | 化学物質名     |
| 1        | ジクロロメタン        | 1                 | ジクロロメタン   |
| 2        | N,N-ジメチルホルムアミド | 2                 | キシレン      |
| 3        | メチルエチルケトン      | 3                 | メチルエチルケトン |
| 4        | N-メチルピロリドン     | 4                 | スチレン      |
| 5        | アセトン           | 5                 | アクリロニトリル  |
| 6        | テトラヒドロフラン      | 6                 | アセトン      |
| 7        | メタノール          | 7                 | アセトアルデヒド  |
| 8        | 無機シアン化合物       | 8                 | メタノール     |
| 9        | キシレン           | 9                 | 四塩化炭素     |
| 10       | プロピルアルコール      | 10                | アンモニア     |



## 6.2 限界と今後の課題

今回の評価では化学物質の排出は、あくまで生産活動によるものと限定しており、動力に関係する場合（例えば発電用のボイラー運転等）は考慮していない。そのため、ユーティリティ活動に伴う環境影響については今後その評価方法を検討する必要がある。

また、該当する化学物質についても、すべての物質について統合化係数が設定されていないため、排出量が微少であっても環境に対して大きなインパクトを与える物質を見落としている可能性は否定できない。特に、帝人グループでは医薬事業や研究開発事業において、常に新規化学物質との関わりが考えられ、どのようにそれら进行评估するのか、課題とすべきである。

一方、今回淡水に関しては世界各地での係数を使用した。化学物質については海外事業所についても、あくまで日本での統合化係数を使用している。今後詳細な海外データを考慮するためにはさらにLIME 2そのもののシステムを拡大する必要があるのではないだろうか。

### 参考文献

- 1) 2011年帝人グループCSR報告書





## 【事例7 詳細報告】

塩ビ系壁紙の地球温暖化と  
室内空気質汚染の人間健康影響一般社団法人日本壁装協会  
東京都市大学 環境情報学部 伊坪研究室

## 1 一般的事項

## 1.1 評価実施者

所属機関：一般社団法人日本壁装協会 業務部

名前：松井 隆博

所属機関：東京都市大学 環境情報学部 伊坪研究室

名前：山口 博司

## 1.2 報告書作成日

2012/09/26

## 2 調査実施の目的

## 2.1 調査実施の理由

壁紙の種類は大きく6種類に分類されるが、このうち塩ビ系壁紙は1970年代にシェアトップとなり今日では出荷量の9割以上を占める製品となっている。これに注目し、日本壁装協会では2007年11月からLCA手法を採用し塩ビ系壁紙のCO<sub>2</sub>排出量について、調査・研究を始めた。2008年および2009年と塩ビ系壁紙製造企業からデータ収集を行い、CO<sub>2</sub>排出量の業界代表値を算出した。2010年にはライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の算出を行った。

壁紙の化学物質(ホルムアルデヒド)に対する取り組みは、1996年国会で取り上げられて以降社会的な関心となった。これを踏まえ、厚生労働省では13種類の化学物質について室内濃度指針値を定めた。また国土交通省では1996年に「健康住宅研究会」を設置、2000年には「室内空気対策研究会」を設置して、各種の調査・研究が行われた。また、民間においても「健康に配慮した内装材の選定等に関する指針」(社団法人住宅生産者団体連合会、1999年)をとりまとめるなど、さまざまな取り組みが進められてきた。官および民の取り組みにより一定の改善傾向は見られた。しかし、新築住宅等の中には化学物質の室内濃度指針値を超えるものが依然として多数存在していた。この状況を抜本的に改善するため建築基準法の一部改正(2003年7月)が施行された。

建築基準法が改正されたことにより壁紙は、第一種ホルムアルデヒド発散建築材料として告示されJIS認証および国土交通大臣の認定を取得し、ホルムアルデヒド発散等級を表示する義務が必要となった。これに対応するため、日本壁装協会では「壁紙品質情報管理システム」を構築し、壁紙の製造、流通、施工までの品質情報管理を一貫して実施しており、シックハウス対策に努めている。

本調査は、塩ビ系壁紙を対象として CO<sub>2</sub> による地球温暖化およびホルムアルデヒドによる室内空気質汚染の人間健康（DALY）への被害評価により評価することを目的とする。

## 2.2 調査結果の用途

塩ビ系壁紙のライフサイクルに伴い発生する CO<sub>2</sub> およびホルムアルデヒド放散について把握をする。得られた結果は日本壁装協会会員企業へ情報提供を行い、業界全体で環境問題に取り組んでいくための材料とする。また、個別企業の環境活動やコスト削減に活用することで壁装業界発展のために役立てるものとする。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

1 m<sup>2</sup>あたり 300g の標準的な塩ビ系壁紙とする。原反の製造方法は一般的に多く採用されているコーティング法（塩ビペーストゾルを裏打ち紙の上に塗工し、熱風乾燥することでゲル化させる製造法）とし、印刷はグラビア印刷方式で発泡エンボス加工を施したものとする。（図 3.1-1）

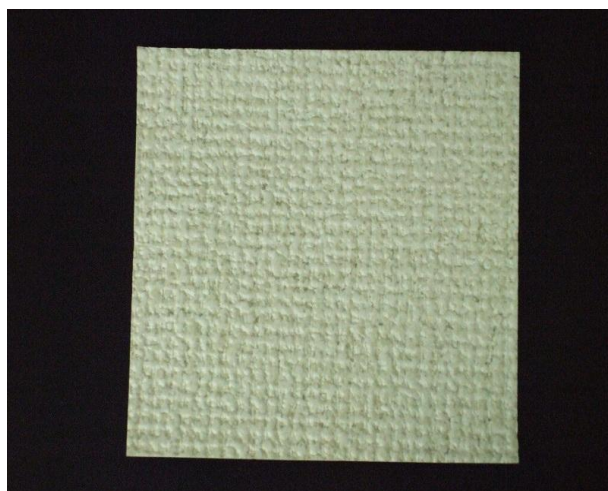


図 3.1-1 標準的な塩ビ系壁紙

### 3.2 機能および機能単位

1 m<sup>2</sup> (300g) の塩ビ系壁紙を壁に装飾する。（壁紙製造および施工時のロスを含む）

### 3.3 システム境界

素材、製造、輸送（流通段階のみ）、施工、使用（ホルムアルデヒドのみ）、焼却までとする。図 3.3-1 にシステム境界を示す。

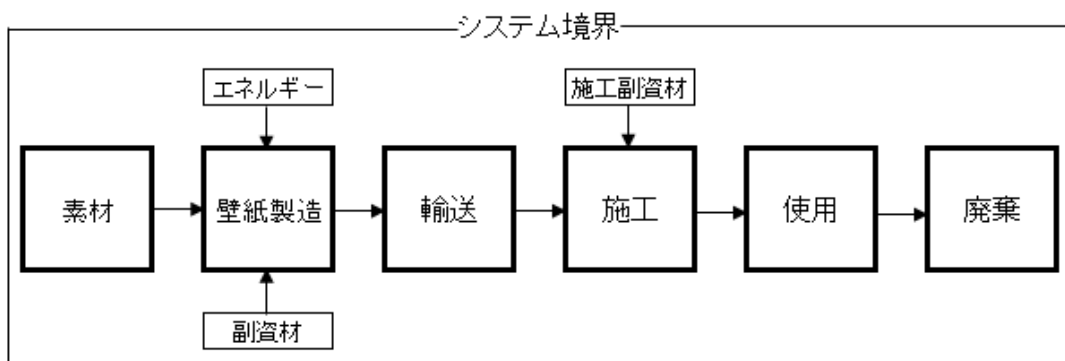


図 3.3-1 塩ビ系壁紙のシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

輸送プロセスは、製品流通のみ（製造工場→流通企業保管倉庫、流通企業保管倉庫→配達先）を対象としており、原材料輸送等（素材、副資材、施工副資材）の輸送は評価に含めていない。また、使用プロセスはホルムアルデヒドのみとし、CO<sub>2</sub> は発生しないものとした。

使用後の廃壁紙は現状、焼却処理が主であることから廃棄プロセスは、焼却を想定して評価を実施し、原料由来のCO<sub>2</sub>を計上した。なお、リサイクルは評価に含めていない。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

素材、製造（エネルギー・副資材）については、塩ビ系壁紙製造企業6社からデータ収集（2011年データ）を行った。輸送については最大手の流通企業からデータ収集を行い、関東地区をモデルケースとした。施工は接着剤、シーラー、糊付け機とした。ホルムアルデヒド（使用プロセス）についてはホルムアルデヒド放散量試験を実施した。廃棄は原料由来から発生するCO<sub>2</sub>を燃焼反応より求めた。

### 4.2 バックグラウンドデータ

各プロセスの原単位についてはLCA日本フォーラムのデータベース<sup>1)</sup>、JEMAI-LCAPro<sup>2)</sup>産業関連表<sup>3)</sup>（3EID）を利用した。

### 4.3 CO<sub>2</sub>のインベントリ分析

#### 4.3.1 素材および製造（エネルギー・副資材）データ

素材および製造（エネルギー・副資材）のデータについては、図4.3-1の「CO<sub>2</sub>排出量算定シート」を作成し、塩ビ系壁紙製造企業6社からデータの収集を行った。なお、データ収集した企業6社で塩ビ系壁紙の国産生産量シェア約48%を占める。（2010年度）また、統計的手法（95%信頼区間）を用いて業界代表値を求めた。

| CO2排出量算定シート          |                             |                                 |                                 | セル内に数値を入力してください |                    | 固定数値           |                  | 製品1m <sup>2</sup> (300g)生産<br>生産当り変動数値が出力されます |                  | 赤字:演算数値が出力されます |                  |                    |                  |      |         |                  |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|------------------|---|------------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|------|---------|------------------|
| 発泡エンボス (工程LOSS=重量計算) |                             |                                 |                                 | 生産工程            |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 原材料                  |                             |                                 |                                 | 生産              |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
|                      |                             |                                 |                                 | 壁紙              |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 生産工程(発泡エンボス)         |                             |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 混合                   |                             |                                 |                                 | コーター            |                    | 印刷             |                  | エンボス  |                  | 仕上             |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 製品                   |                             |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 材料名                  | 単位                          | 1m <sup>2</sup> (300g)当り<br>消費量 | 1m <sup>2</sup> (300g)当り<br>消費量 | LOSS率: #DIV/0!  | %                  | LOSS率: #DIV/0! | %                | LOSS率: #DIV/0!                                | %                | LOSS率: #DIV/0! | %                | LOSS率: #DIV/0!     | %                | 最終製品 | #DIV/0! | %                |
| グラビオン                | g                           |                                 |                                 | LOSS重量:         | g/m <sup>2</sup>   | LOSS重量:        | g/m <sup>2</sup> | LOSS重量:                                       | g/m <sup>2</sup> | LOSS重量:        | g/m <sup>2</sup> | LOSS重量:            | g/m <sup>2</sup> | 最終製品 | 300.00  | g/m <sup>2</sup> |
| 樹脂                   | g                           |                                 |                                 | 製造100%消費        | 300.00             | 製造100%消費       | 300.00           | 製造100%消費                                      | 300.00           | 製造100%消費       | 300.00           | 製造100%消費           | 300.00           | kg   |         |                  |
| 可塑剤                  | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 充填剤                  | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 顔料                   | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 発泡剤                  | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 安定剤                  | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 裏打紙                  | g/m <sup>2</sup>            |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 小計                   | g                           | 0.0                             | g/m <sup>2</sup>                |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| (副資材)                |                             |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 希釈剤                  | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 接着剤 (0.04kg)         | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 巻芯                   | g                           |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 原材料合計                | g/m <sup>2</sup>            |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 製造エネルギー              |                             |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 種類                   | 1m <sup>2</sup> (300g)当り使用量 |                                 |                                 | 総使用量            |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 電気                   | kw-h/m                      |                                 |                                 | 電気              | kw-h/kg            |                |                  | kw-h/kg                                       |                  |                |                  | kw-h/kg            |                  |      |         |                  |
| 都市ガス                 | m <sup>3</sup> /m           |                                 |                                 | 都市ガス            | m <sup>3</sup> /kg |                |                  | m <sup>3</sup> /kg                            |                  |                |                  | m <sup>3</sup> /kg |                  |      |         |                  |
| LPG                  | m <sup>3</sup> /m           |                                 |                                 | LPG             | m <sup>3</sup> /kg |                |                  | m <sup>3</sup> /kg                            |                  |                |                  | m <sup>3</sup> /kg |                  |      |         |                  |
| A重油                  | L/m                         |                                 |                                 | A重油             | L/kg               |                |                  | L/kg  |                  |                |                  | L/kg               |                  |      |         |                  |
| 工業用水                 | L/m                         |                                 |                                 | 工業用水            | L/kg               |                |                  | L/kg  |                  |                |                  | L/kg               |                  |      |         |                  |
| 軽油                   | L/m                         |                                 |                                 | 軽油              | L/kg               |                |                  | L/kg  |                  |                |                  | L/kg               |                  |      |         |                  |
| 製品仕様                 |                             |                                 |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 製品幅                  | 970.0                       | mm                              |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| コート幅                 | 960.0                       | mm                              |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 有効幅                  | 920.0                       | mm                              |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |
| 重量/m <sup>2</sup>    | 300.0                       | g/m <sup>2</sup>                |                                 |                 |                    |                |                  |   |                  |                |                  |                    |                  |      |         |                  |

図 4.3-1 製造工程 CO2 排出量算定シート

### 4.3.2 輸送データ

壁紙業界最大の流通企業からデータ収集を行った。データ収集については、壁紙製造工場から流通企業保管倉庫（納入）と、流通企業保管倉庫から配達先（配達）のデータ収集を行い、関東地区をモデルケースとして燃費法により排出量を求めた。

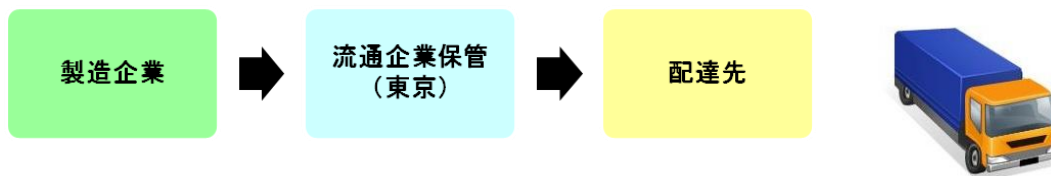


図 4.3-2 輸送モデルケース（関東地区）

### 4.3.3 施工データ

施工については接着剤、シーラー、糊付け機を対象とした。なお、施工時のロス（端材）については、使用量の 15%と設定した。これについては戸建住宅およびマンションの実測によるデータを用いたが、下記の施工条件で施工した場合のロス率となっている。

- 壁紙の柄は無地を使用し、天井および壁を同じ壁紙とした。
- 全てを一人の施工者で実施し、無駄のないように施工した。

施工時ロスについては理想に基づいた施工条件で施工した場合のロス割合であり、施工条件等によってはこの限りではない。





図 4.3-3 施工時の風景（参考）

#### 4.3.4 廃棄（焼却）データ

塩ビ系壁紙の原材料から焼却時の燃焼反応を作成した。但し、充填剤（ $\text{CaCO}_3$ ）については燃焼ではなく、熱分解による  $\text{CO}_2$  発生反応を扱った。これより  $\text{CO}_2$  排出係数を求め、 $\text{CO}_2$  排出量を求めた。表 4.3-1 に塩ビ系壁紙原料由来の  $\text{CO}_2$  排出係数を示す。なお、裏打紙はカーボンニュートラルのため  $\text{CO}_2$  の発生は考慮しないこととする。

表 4.3-1 塩ビ系壁紙原料由来の  $\text{CO}_2$  排出係数

| 素材      | モノマー分子式  | モノマー分子量<br>式量 | 素材1モルから生成<br>する $\text{CO}_2$ モル数 | 生成 $\text{CO}_2$ 重量(g) | $\text{CO}_2$ 排出係数<br>(g- $\text{CO}_2$ /g) |
|---------|--|---------------|-----------------------------------|------------------------|---|
| グラビアインキ | $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$                       | 100           | 5                                 | 220                    | 2.20  |
| 塩化ビニル樹脂 | $\text{CH}_2=\text{CHCl}$                              | 62.5          | 2.5                               | 110                    | 1.76  |
| 可塑剤     | $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{O}_4$                 | 390.56        | 24                                | 1056                   | 2.70  |
| 充填剤     | $\text{CaCO}_3$  | 100.09        | 1                                 | 44                     | 0.44  |
| 顔料      | $\text{TiO}_2$   | 79.88         | 0                                 | 0                      | 0.00  |
| 発泡剤     | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{N}_4$             | 116.08        | 2                                 | 88                     | 0.76  |
| 安定剤     | $\text{Zn}[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}]_2$ | 632.34        | 36                                | 1584                   | 2.50  |

#### 4.4 ホルムアルデヒドのインベントリ分析

##### 4.4.1 塩ビ系壁紙から放散されるホルムアルデヒド放散量

公定法の JIS 法（JIS A 6921）に則り、塩ビ系壁紙のホルムアルデヒド放散量を確認した。分析条件を表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 JIS A 6921 分析条件

| 試験体              | 容器     | 捕集物質 | 検出器   |
|------------------|--------|------|-------|
| 塩ビ系壁紙<br>(F☆☆☆☆) | デシケーター | 水    | 吸光光度計 |

結果、ホルムアルデヒド放散量は検出限界以下（検出限界  $0.1\text{mg/L}$ ）であったことから定量が出来なかった。

#### 4.4.2 ホルムアルデヒド放散量測定法の検討

JIS法（JIS A 6921）ではホルムアルデヒド放散量が定量出来なかったことから、室内空気質の測定で実際に使用されている、パッシブサンプラーを使って測定する方法を検討した。

#### 4.4.3 パッシブサンプラーによるホルムアルデヒド放散量測定

デシケーター内にパッシブサンプラーを吊るし、ホルムアルデヒドを24時間捕集する。捕集後、高速液体クロマトグラフにかけて放散量測定を行う。



図 4.4-1 パッシブサンプラー

#### 4.4.4 パッシブサンプラーによるホルムアルデヒド放散量測定結果

4.4.3の測定方法で測定した結果、ごく微量ではあるがホルムアルデヒドを定量することができた。なお、得られた結果は国土交通省の告示「規制対象外の放散速度（F☆☆☆☆ 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ 以下）」を下回っている。

表 4.4-2 パッシブサンプラーによるホルムアルデヒド放散速度経時変化

| 経過日数 | ホルムアルデヒド<br>放散速度<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) | 減衰割合<br>(%) |
|------|--|-------------|
| 1日後  | 0.08   | 100         |
| 3日後  | 0.07   | 84          |
| 5日後  | 0.04   | 45          |
| 10日後 | 0.03   | 39          |
| 23日後 | 0.03   | 36          |

#### 4.4.5 塩ビ系壁紙のホルムアルデヒド放散量インベントリ

表 4.4-2の結果を基に、図 4.4-2の回帰式 ( $y=0.0806x^{-0.364}$ ) を求めた。回帰式より※30年間のホルムアルデヒド総排出量を求めた。よって、塩ビ系壁紙 1  $\text{m}^2$ あたり 30年間のホルムアルデヒド総排出量は  $1.12\text{E}-06$  ( $\text{kg}/\text{m}^2/30$ 年) となった。

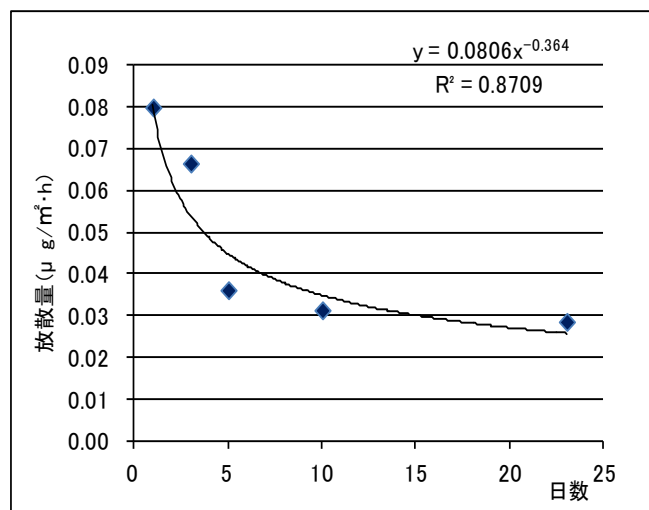


図 4.4-2 ホルムアルデヒド放散量の回帰式

## ※【設定理由】

業界紙（壁装新聞 2011 年 2 月 1 日 371 号）によるアンケート調査によれば、壁紙の張替えは推定で 20 年間という結果が公表されている。本計算においてはホルムアルデヒド排出による環境影響を安全側の視点に立って評価するという観点で、30 年間という想定で計算を行った。

## 4.5 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

塩ビ系壁紙 1 m<sup>2</sup>あたりの CO<sub>2</sub> およびホルムアルデヒドのインベントリ分析結果を表 4.5-1 に示す。

表 4.5-1 塩ビ系壁紙の LCI 分析結果（単位：kg/m<sup>2</sup>）

|                | 単位 | 素材              | 製造       |          | 輸送       | 施工       | 使用       | 廃棄       |          |
|----------------|----|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                |    |                 | ユーティリティ  | 副資材      |          |          |          |          |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | kg | CO <sub>2</sub> | 3.91E-01 | 1.15E-01 | 2.42E-02 | 8.52E-03 | 2.49E-03 | -        | 3.37E-01 |
|                |    | HCHO            | -        | -        | -        | -        | -        | 1.12E-06 | -        |

## 5 インパクト評価

## 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型環境影響評価手法（LIME2）を利用し、地球温暖化と室内空気質汚染の人間健康（DALY）への被害評価を実施した。なお、今回は地球温暖化については CO<sub>2</sub> のみ、室内空気質汚染についてはホルムアルデヒドのみを取り扱ったため特性化評価は行わない。また保護対象として人間健康への被害評価で地球温暖化と室内空気質汚染の評価が可能であるため、統合化評価は行わない。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

|         | 特性化 | 被害評価 | 統合化 |
|---------|-----|------|-----|
| 地球温暖化   | —   | ○    | —   |
| 室内空気質汚染 | —   | ○    | —   |

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 被害評価（人間健康被害量）

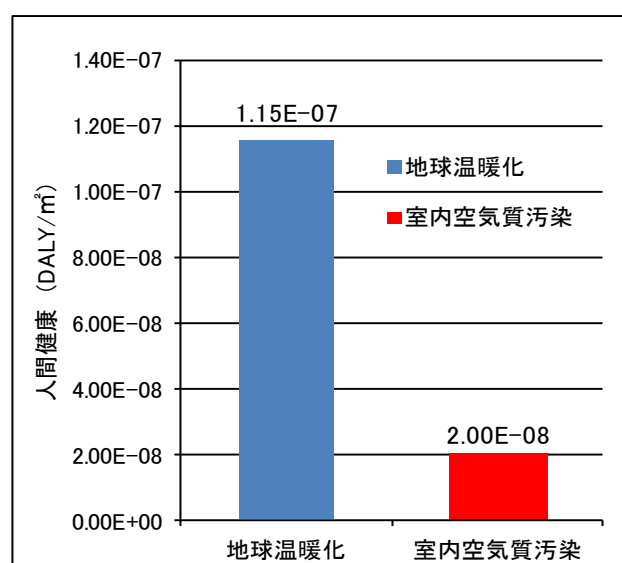
塩ビ系壁紙 1 m<sup>2</sup>あたりの CO<sub>2</sub> による地球温暖化とホルムアルデヒドによる室内空気質汚染の人間健康（DALY）への被害評価を比較した。ホルムアルデヒドによる人間健康への影響は少ないことがわかった。影響が大きいのは CO<sub>2</sub> による地球温暖化であった。表 5.2-1 に CO<sub>2</sub> による地球温暖化の人間健康被害量、表 5.2-2 にホルムアルデヒドによる室内空気質汚染の人間健康被害量、図 5.2-1 にそれらをグラフにて比較したものを示す。

表 5.2-1 地球温暖化（CO<sub>2</sub>）の人間健康被害量

| CO <sub>2</sub> のインベントリ (kg/m <sup>2</sup> ) | CO <sub>2</sub> の人間健康被害係数 (DALY/kg) | 地球温暖化の人間健康被害量 (DALY/m <sup>2</sup> ) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 8.79E-01                                     | 1.31E-07                            | 1.15E-07                             |

表 5.2-2 室内空気質汚染（ホルムアルデヒド）の人間健康被害量

| ホルムアルデヒドのインベントリ (kg/m <sup>3</sup> /30年) | ホルムアルデヒドの人間健康被害係数（戸建・居住） (DALY/kg) | 室内空気質汚染の人間健康被害量 (DALY/m <sup>2</sup> /30年) |
|--|------------------------------------|--|
| 1.12E-06                                 | 1.78E-02                           | 2.00E-08                                   |

図 5.2-1 塩ビ系壁紙 1 m<sup>2</sup>あたりの人間健康被害量

## 6 参考

## 6.1 JIS 規格値から推計したホルムアルデヒドによる人間健康被害量の推移（参考）

JIS A 6921 のホルムアルデヒド放散量規格値 (mg/L) より、最大放散した場合を想定して過去のホルムアルデヒド放散速度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{h}$ ) を推計、ホルムアルデヒドによる室内空気汚染を人間健康への被害評価で評価を行った。なお、数値については参考値であり当時の結果を表したものではない。(図 6.1-1)

表 6.1-1 JIS A 6921 ホルムアルデヒド放散量規格値

| 年              | ホルムアルデヒド<br>放散量規格値<br>(mg/L) |
|----------------|------------------------------|
| 1976 (JIS 制定時) | 2.0                          |
| 1995           | 2.0                          |
| 1998           | 1.0                          |
| 2001           | 0.5                          |
| 2003 (至現在)     | 0.2                          |

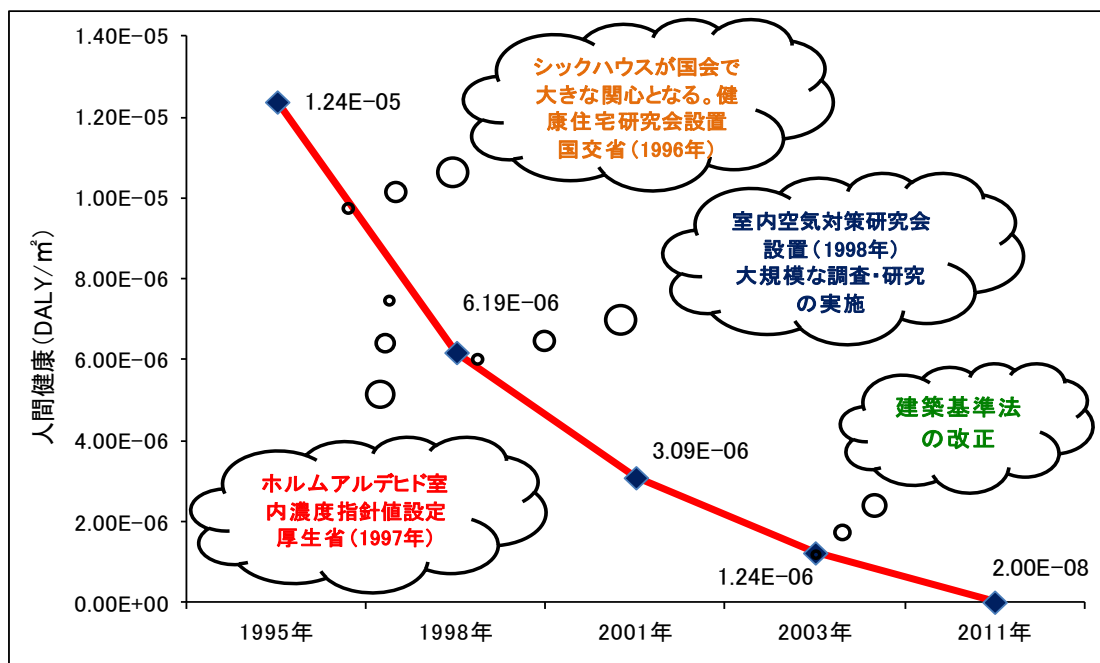


図 6.1-1 JIS 放散量規格値から推計したホルムアルデヒド人間健康被害量の推移  
(数値は参考値)

ホルムアルデヒド放散量が低減してきた理由は主に、接着剤、裏打紙、換気によるものと思われる。表 6.1-2 にホルムアルデヒド低減理由を示す。

表 6.1-2 ホルムアルデヒド低減理由

| 項目  |       | 改善前                                   | 改善後                                  |
|-----|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 接着剤 |       | 防腐剤としてホルマリン（ホルムアルデヒド）を使用              | 安息香酸ナトリウム（食品添加物（保存料））に変更             |
| 裏打紙 | 難燃剤   | 防火壁装材料の規則で難燃剤（メラミンホルムアルデヒド樹脂等）の添加義務あり | 難燃剤の添加義務がなくなったことにより、裏打紙が難燃紙から普通紙へ移行※ |
|     | 紙力増強剤 | 裏打紙の強度を上げるため、紙力増強剤（尿素ホルムアルデヒド樹脂等）を添加  | アクリルアミド系へ変更                          |
| 換気  |       | 施工時、仕上げ後等の換気が不十分                      | 換気の励行                                |

※現在でも裏打紙として難燃紙（但し、ホルムアルデヒドを含まない難燃薬剤）は存在している。

接着剤（でんぷん糊）の劣化を防ぐため、防腐剤として以前はホルマリン（ホルムアルデヒド）を使用していた。現在は安息香酸ナトリウム（食品添加物（保存料））に変更されており、ホルマリン（ホルムアルデヒド）は使用されていない。

裏打ち紙は当時の防火壁装材料の規則で難燃剤の添加義務があった。現在では難燃剤の添加義務はなくなった。これにより裏打紙が難燃紙から普通紙へ移行してきた。なお、現在でも裏打紙として難燃紙（但し、ホルムアルデヒドを含まない難燃薬剤を使用）は存在している。また、引張強度や引裂き強度を強化するため紙力増強剤を添加していた。これについては、アクリルアミド系薬剤へ変更された。

換気については健康住宅研究会（1996年）での実験・研究結果により、換気が有効であることが明確になり施工時および仕上げ後等での換気励行が実施されるようになった。これらによってホルムアルデヒドは大幅に低減され、現在へと至っている。

## 6.2 活性炭へリサイクル（将来シナリオ）した場合のリサイクル効果試算

リサイクルの将来シナリオとして、活性炭へリサイクルした場合のリサイクル効果を試算した。試算にあたっては株式会社クレハ環境（本社：福島県いわき市）で研究開発中の活性炭化技術を用いて試算した。活性炭を図 6.2-1、リサイクルフローを図 6.2-2 に示す。



図 6.2-1 廃塩ビ壁紙と活性炭



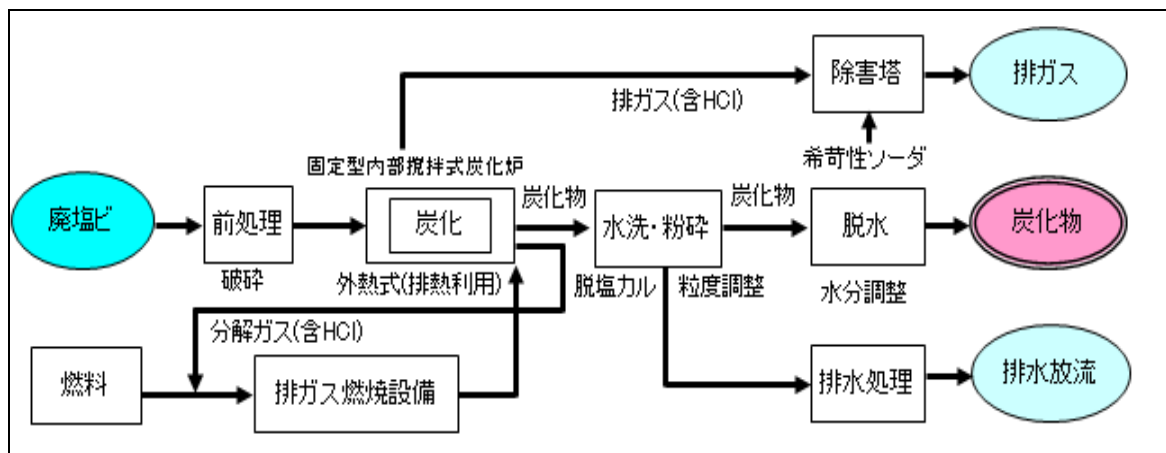


図 6.2-2 活性炭へのリサイクルフロー図

### 6.2.1 リサイクルフロー図から発生するCO2 排出量

図 6.2-2 のリサイクルフロー図から発生するCO2 排出量は 31.7 (g/m<sup>2</sup>) であった。表 6.2-1 にその内訳を示す。

表 6.2-1 リサイクルフローから発生するCO2 排出量

| 原料/エネルギー    | 使用量      | 単位                     | CO2 排出量 (g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|----------|------------------------|-----------------------------|
| 電力          | 5.79E-02 | Kwh/<br>m <sup>2</sup> | 2.46E+01                    |
| A重油         | 2.14E-03 | L/m <sup>2</sup>       | 6.25E+00                    |
| 工業用水        | 3.21E+00 | L/m <sup>2</sup>       | 2.57E-01                    |
| 窒素          | 5.36E+00 | g/m <sup>2</sup>       | 5.51E-01                    |
| 苛性ソーダ (25%) | 6.64E-02 | g/m <sup>2</sup>       | 9.14E-03                    |

### 6.2.2 リサイクルによる活性炭（バージン）製造時のCO2 削減効果

リサイクルによって得られた活性炭と活性炭（バージン）について、よう素吸着性能で物性を比較した。リサイクルによって得られた活性炭は活性炭（バージン）の約 4 分の 1 であることがわかった。

表 6.2-2 リサイクルによって得られた活性炭の物性

| 項目             | リサイクルによって得られた活性炭 | 活性炭（バージン）<br>（水蒸気賦活法） |
|----------------|------------------|-----------------------|
| よう素吸着性能 (mg/g) | 243              | 900~1000              |

※よう素吸着性能：活性炭の吸着性能指標

リサイクルによって得られた活性炭の収率は 26%、塩ビ系廃壁紙 300g から得られる活性炭は 78g となる。表 6.2-2 より、活性炭（バージン）の 19.5g 分に相当する。

### 6.2.3 活性炭（バージン）19.5gあたりのCO<sub>2</sub>排出量

活性炭（バージン）製造については、JLCA-LCA データベース「活性炭水蒸気賦活法」（日本無機薬品協会）<sup>4)</sup>のデータを引用した。図 6.2-3 に活性炭（バージン）製造フローを示す。表 6.2-3 に活性炭（バージン）製造時の原料 CO<sub>2</sub> 排出量を示す。なお、原料（ヤシ）の炭化はデータが得られないため調査対象外とした。

システム境界で排出される CO<sub>2</sub> は 5.0 (kg/kg)（エネルギー含む）である。但し、植物由来の活性炭は、原料の炭素から由来する CO<sub>2</sub>（この場合は 3.5 (kg/kg)）を差し引くことができる。これは原料植物が大気中の CO<sub>2</sub> を固定化しているためであり、これより 1.5 (kg/kg) となる。これに 19.5g を乗じて 29.3 (g) となる。そのほか、原料等から発生する CO<sub>2</sub> 排出量 (0.5g) を加え 29.8 (g) となり、これが活性炭（バージン）製造時の CO<sub>2</sub> 排出量およびリサイクルによる活性炭（バージン）の CO<sub>2</sub> 削減効果となる。

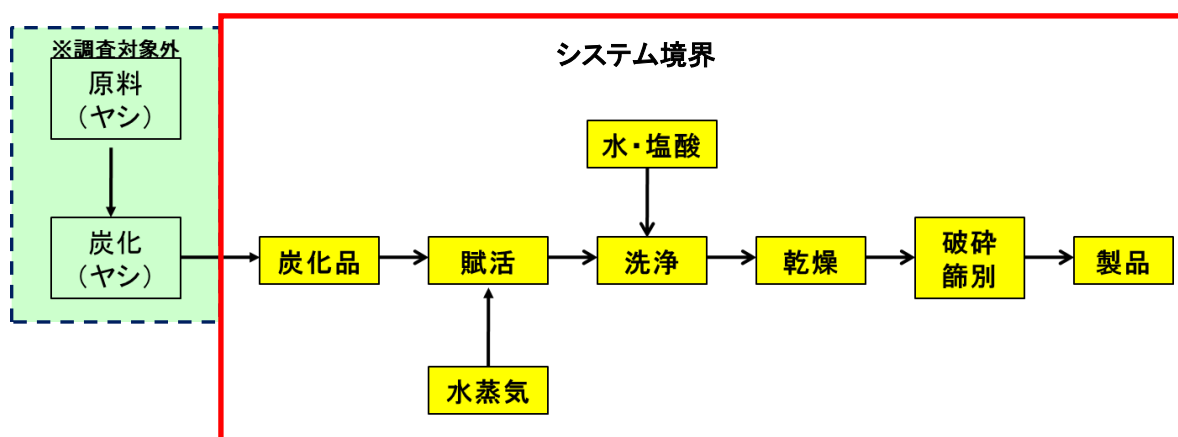


図 6.2-3 活性炭（バージン）製造フロー（水蒸気賦活法）

表 6.2-3 活性炭（バージン）製造時の原料 CO<sub>2</sub> 排出量

| 原料         | 使用量      | 単位  | CO <sub>2</sub> 排出量 (g) |
|------------|----------|-----|-------------------------|
| 塩酸         | 4.29E-01 | g/g | 1.69E-01                |
| 苛性ソーダ      | 3.90E-02 | g/g | 2.14E-02                |
| ポリ塩化アルミニウム | 1.76E-01 | g/g | 6.35E-02                |
| 水          | 1.25E+03 | g/g | 2.39E-01                |

### 6.2.4 CO<sub>2</sub> 削減効果を考慮したライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量

塩ビ系廃壁紙を焼却した場合と活性炭ヘリサイクルした場合のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量を図 6.2-4 に示す。焼却した場合のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量は 8.79E+02 (g/m<sup>2</sup>)、活性炭ヘリサイクルした場合のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量は 5.44E+02 (g/m<sup>2</sup>) であった。よって、焼却に比べてリサイクルすることにより CO<sub>2</sub> 排出量を抑制できることがわかった。

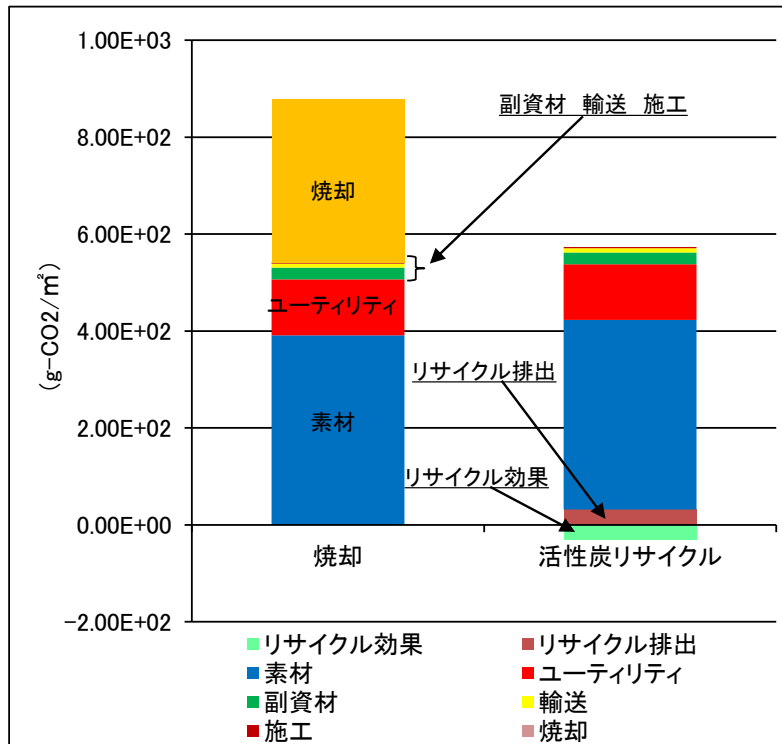


図 6.2-4 焼却とリサイクル（活性炭）のCO<sub>2</sub> 排出量

## 7. 結論

### 7.1 調査結果のまとめ

業界代表値による塩ビ系壁紙 1 m<sup>2</sup>のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub> 排出量を求めた。また、パンプサンプラー法による塩ビ系壁紙のホルムアルデヒド放散量実測値から 30 年間の放散量を求めた。これより LIME2 の被害係数を用いて CO<sub>2</sub> による地球温暖化およびホルムアルデヒドによる室内空気質汚染の人間健康へ及ぼす被害量を求めて比較した。塩ビ系壁紙 1 m<sup>2</sup>あたりの CO<sub>2</sub> による地球温暖化の人間健康への被害量は 1.15E-07 (DALY/m<sup>2</sup>) となった。

塩ビ系壁紙の張替期間を 30 年と設定した場合、塩ビ壁紙 1 m<sup>2</sup>あたりのホルムアルデヒド総排出量は 1.12E-06 (kg/m<sup>2</sup>/30 年) となり、これによる室内空気質汚染の人間健康への被害量は 2.00E-08 (DALY/m<sup>2</sup>) となった。これより人間健康への被害量は CO<sub>2</sub> 排出による地球温暖化によるものがホルムアルデヒドによる室内空気質汚染によるものの約 6 倍と大きいことがわかった。

### 7.2 限界と今後の課題

CO<sub>2</sub> 排出による地球温暖化の影響を削減するために、今後はリサイクルに重点をおいた取り組みが必要と思われる。活性炭へのリサイクル以外にも、ペット用排泄物処理剤（猫砂）や塩ビ樹脂とパルプを分離する方法が挙げられ、幅広くリサイクル技術とその評価を進める必要がある。

さらに塩ビ系壁紙の LIME2 による影響評価領域として、今後はより広く都市域大気汚染 (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>)、資源消費 (エネルギー資源、鉱物資源、森林資源)、廃棄物等の影響評価を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) LCA 日本フォーラム (2008 年度 2 版) JLCA-LCA データベース
- 2) 社団法人産業環境管理協会 JEMAI-LCPro
- 3) 南齋規介, 森口祐一: 独立行政法人国立環境研究所 (1995) 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)
- 4) 日本無機薬品協会 活性炭部会 (2006): 活性炭の LCA データ算定概要説明書
- 5) 有限会社企画編集社: 壁装新聞 (2011 年 2 月 1 日 371 号)

**【事例8 詳細報告】****ストーンペーパーの環境影響評価**

工学院大学 環境化学工学科

**1 一般的事項****1.1 評価実施者**

所属機関: 工学院大学 環境化学工学科 環境マネジメント工学研究室

名前: 川嶋 琢幹, 嵐 紀夫, 稲 葉敦

協力会社: 株式会社 TBM

**1.2 報告書作成日**

20012/ 07/16

**2 調査実施の目的****2.1 調査実施の理由**

ストーンペーパーと上級印刷紙（古紙：0%）の環境影響を調査し、ストーンペーパー製造の戦略立案に役立てる。

**2.2 調査結果の用途**

ストーンペーパー製造の戦略立案のための社内利用。

結果を公表することによるストーンペーパーの利用の社会的認知の獲得。

**3 調査範囲****3.1 調査対象とその仕様**

ストーンペーパー（重量：240g/m<sup>2</sup>）と上級印刷紙（重量：155g/m<sup>2</sup>）を評価対象とする。

**3.2 機能および機能単位**

機能単位を面積 1m<sup>2</sup>、厚さ 200μm の製品とする。

**3.3 システム境界**

原材料の調達、輸送、製造、印刷、廃棄まで（図 3.3-1）。

原料調達から製造段階: ストーンペーパーの製造、印刷、廃棄は日本国内とする。原料となるポリエチレンは原油を海外から輸入し国内で製造する。また、石灰石は国内で調達する。上級印刷紙は、海外で伐採・チップ化された原料を輸入し、日本国内で製造、印刷、廃棄されるものとする。製造時に古紙は使用されないものとした。

印刷: ストーンペーパーと上級印刷紙はグラビア印刷される。その技術的な違いはないものとした。

廃棄: ストーンペーパーは、焼却処理、埋め立て処理の2つを仮定し、上級印刷紙は焼却処理するものとした。それぞれの焼却処理には効率 15%のごみ発電を仮定した。

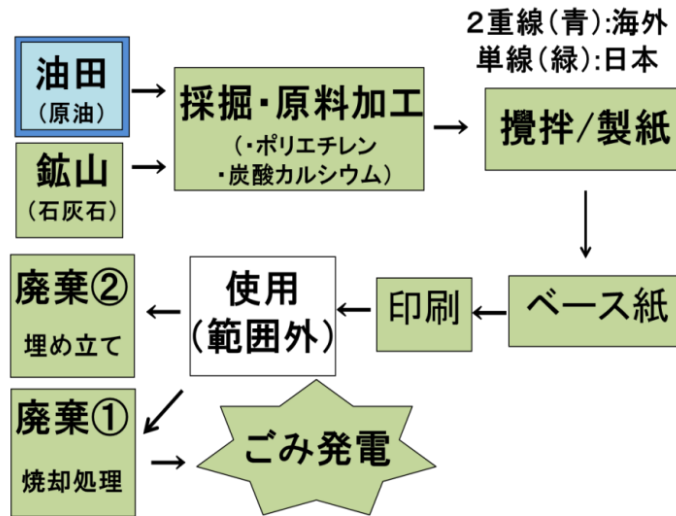


図 3.3-1 ストーンペーパーのシステム境界

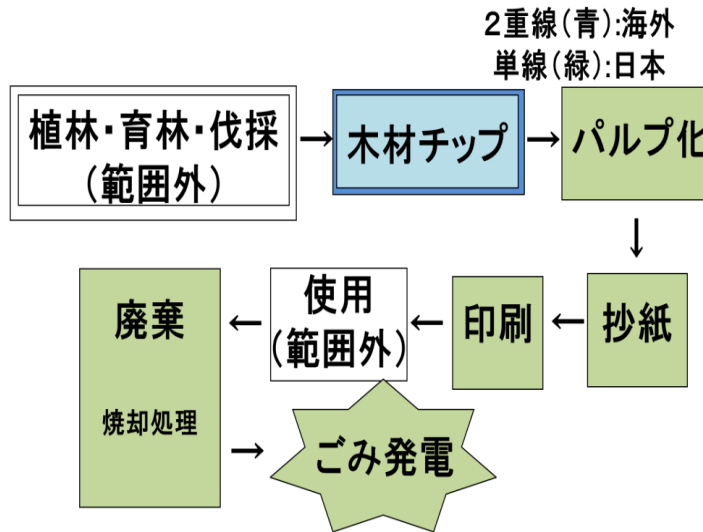


図 3.3-2 上級印刷紙のシステム境界

### 3.4 特記事項 (除外したプロセス・項目等について)

印刷された後の使用方法は多岐に渡るため、評価範囲外とした。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

ストーンペーパーの製造に関わる原料投入量、ユーティリティなどのプロセスデータは製造会社からヒアリングで入手した。ストーンペーパー1m<sup>2</sup>あたり、高密度ポリエチレン 0.048kg/ m<sup>2</sup>, 炭酸カルシウム 0.192kg/ m<sup>2</sup>が必要とされる。



上級印刷紙の原料、製造、輸送については日本製紙連合会<sup>1)</sup>を利用した。また上級印刷紙 1 m<sup>2</sup>あたり、木材チップ 0.246 kg/ m<sup>2</sup>が必要とされる。

印刷については、ストーンペーパーも上級印刷紙と同じように印刷が可能なものとし、日本包装学会誌の「グラビア印刷による包装材料のLCA評価」<sup>2)</sup>を使用した。

表 4.1-1 ストーンペーパーの製紙時における使用量, 重量 (200 $\mu$ ): 0.240[kg/m<sup>2</sup>]

| 入力項目              | 単位[1m <sup>2</sup> あたり]        | ストーンペーパー紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| [エネルギー/用水]        |                                |                                |
| 石灰石               | kg/m <sup>2</sup>              | 1.92E-01                       |
| ポリエチレン            | kg/m <sup>2</sup>              | 4.80E-02                       |
| 添加剤(ステアリン酸)       | kg/m <sup>2</sup>              | 1.92E-03                       |
| 都市ガス              | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 1.20E-05                       |
| 電力                | kWh/m <sup>2</sup>             | 1.21E-01                       |
| 潤滑油               | L/m <sup>2</sup>               | 4.80E-06                       |
| 水道水(生活用水、洗浄)      | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 2.40E-05                       |
| [炭酸カルシウムの際、粉碎と分級] |                                |                                |
| 電力                | kWh/m <sup>2</sup>             | 2.50E-02                       |

表 4.1-2 ストーンペーパーの製紙時における廃水と使用後の処理

| 出力項目                      | 単位[1m <sup>2</sup> あたり]        | ストーンペーパー紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| [工場からの廃棄]                 |                                |                                |
| 廃水                        | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 2.40E-05                       |
| [使用後、処分1]                 |                                |                                |
| 焼却処理                      | kg/m <sup>2</sup>              | 2.42E-01                       |
| ごみ発電[ポリエチレンのみ(サーマルリサイクル)] | kWh/m <sup>2</sup>             | 9.20E-02                       |
| [使用後、処分2]                 |                                |                                |
| 埋め立て                      | kg/m <sup>2</sup>              | 2.42E-04                       |

表 4.1-1 と表 4.1-2 にストーンペーパーの製造工程と使用後の処理に係わる入力を示す。ストーンペーパーの焼却処理による発電電力量は、発電効率を 15%として以下で求めた。

ごみ発電 {ポリエチレンの(サーマルリサイクル)} の発電電力量 =  
 $0.048[\text{kg}/\text{m}^2] \times 46.0[\text{MJ}/\text{kg}] \times 0.15[-] \times (1/3.6) [\text{kwh}/\text{MJ}] = 0.092[\text{kwh}/\text{m}^2]$

表 4.1-3 上級印刷紙の製紙時における使用量, 重量 (200 $\mu$ ): 0.155[kg/m<sup>2</sup>]

| 入力項目       | 単位[1m <sup>2</sup> あたり]        | 上級印刷紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|------------|--------------------------------|----------------------------|
| {エネルギー/用水} |                                |                            |
| 重油(C重油主体)  | L/m <sup>2</sup>               | 2.08E-02                   |
| 重油(A重油主体)  | -                              |                            |
| 生石灰        | kg/m <sup>2</sup>              | 1.21E-02                   |
| 石炭         | kg/m <sup>2</sup>              | 1.37E-02                   |
| 廃木材        | -                              |                            |
| 天然ガス       | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 1.46E-03                   |
| RPF        | -                              |                            |
| 購入電力       | kWh/m <sup>2</sup>             | 2.07E-02                   |
| 廃プラ        | -                              |                            |
| 廃油         | -                              |                            |
| 廃タイヤ       | kg/m <sup>2</sup>              | 2.70E-03                   |
| 黒液         | kg/m <sup>2</sup>              | 2.03E-01                   |
| 木材チップ      | kg/m <sup>2</sup>              | 2.46E-01                   |
| タルク・クレー    | kg/m <sup>2</sup>              | 8.63E-03                   |
| 用水(新水)     | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 1.33E-02                   |

※カットオフ(燃料): 重油(A重油主体), 廃木材, RPF, 廃プラ, 廃油

表 4.1-4 上級印刷紙の製紙時における薬品の使用量

| 入力項目     | 単位[1m <sup>2</sup> あたり] | 上級印刷紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|----------|-------------------------|----------------------------|
| {無機薬品}   |                         |                            |
| 苛性ソーダ    | kg/m <sup>2</sup>       | 2.11E-03                   |
| 硫酸       | kg/m <sup>2</sup>       | 1.61E-03                   |
| 液体塩素     | kg/m <sup>2</sup>       | 7.60E-04                   |
| 次亜塩素酸ソーダ | -                       |                            |
| クロレート    | kg/m <sup>2</sup>       | 7.75E-04                   |
| 過酸化水素    | kg/m <sup>2</sup>       | 2.48E-04                   |
| 酸素       | kg/m <sup>2</sup>       | 3.26E-03                   |
| 硫酸バンド    | kg/m <sup>2</sup>       | 1.83E-03                   |
| 塩酸       | -                       |                            |

※カットオフ(薬品): 次亜塩素酸ソーダ, 塩酸

表 4.1-5 上級印刷紙の製紙時における廃水及び使用後の処理

| 出力項目                 | 単位[1m <sup>2</sup> あたり]        | 上級印刷紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| {工場からの廃棄}            |                                |                            |
| 廃水                   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 5.98E-03                   |
| {使用後、処分}             |                                |                            |
| 焼却処理                 | kg/m <sup>2</sup>              | 1.55E-01                   |
| ごみ発電[紙くず(サーマルリサイクル)] | kWh/m <sup>2</sup>             | 8.53E-02                   |

表 4.1-6 ストーンペーパー、上級印刷紙へのグラビア印刷時における投入量

| 入力項目         | 単位[1m <sup>2</sup> あたり] | 印刷紙[1m <sup>2</sup> あたり] |
|--------------|-------------------------|--------------------------|
| 電力(インキ乾燥器用)  | kWh/m <sup>2</sup>      | 8.60E-03                 |
| 電力(印刷機用)     | kWh/m <sup>2</sup>      | 1.30E-03                 |
| 油性グラビアインキ(白) | kg/m <sup>2</sup>       | 7.50E-03                 |
| 油性グラビアインキ(藍) | kg/m <sup>2</sup>       | 6.83E-03                 |

表 4.1-3～表 4.1-5 に上級印刷紙の製造工程と使用後の処理に係わる入力を示す。上級印刷紙の焼却処理による発電電力量は、発電効率を 15%として以下で求めた。

$$\text{ごみ発電}\{\text{紙くずの(サーマルリサイクル)}\}\text{による発電電力量} = 0.155[\text{kg/m}^2] \times 13.2[\text{MJ/kg}] \times 0.15[-] \times (1/3.6) [\text{kwh/MJ}] = 0.0853[\text{kwh/m}^2]$$

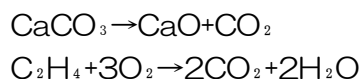
表 4.1-6 にグラビア印刷に必要な投入量を示す。ここでは、ストーンペーパーと上級印刷紙のいずれも同じように印刷できるものと過程している。

## 4.2 バックグラウンドデータ

インベントリ分析には「JEMAI-LCA Pro」<sup>3)</sup>を使用した。

## 4.3 焼却灰について

ストーンペーパーの焼却処理では、原材料である石灰石とポリエチレンの割合を考慮し、以下の反応式で、焼却灰(CaO)とCO<sub>2</sub>が生成するものとした。



上級印刷紙の焼却処理については、一般廃棄物の焼却処理<sup>4)</sup>のプロセスデータを参考に、1m<sup>2</sup>の上級印刷紙の燃焼で  $2.4 \times 10^{-2}\text{g}$  の焼却灰が出るものとした。

## 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.3-1, 表 4.3-2, 表 4.3-3 にストーンペーパーの埋め立て処理と焼却処理、上級印刷紙の焼却処理のインベントリ分析の対象とした項目と分析結果の一覧を示す。

表 4.3-1 ストーンペーパー（焼却処理）の LCI 分析結果（単位：[kg/m<sup>2</sup>]）

|        |        |                                      | 製造       | 印刷       | 廃棄       | 輸送       |
|--------|--------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 資源消費   | 枯渇資源   | 一般炭                                  | 2.15E-02 | 2.38E-03 | 6.96E-04 | 2.68E-08 |
|        |        | 原料炭                                  | 6.82E-09 | 4.99E-04 | 1.68E-08 |          |
|        |        | 原油（資源）                               | 6.09E-02 | 1.81E-02 | 4.06E-04 | 1.16E-06 |
|        |        | 天然ガス                                 | 5.89E-03 | 7.06E-04 | 3.28E-04 | 2.86E-07 |
|        |        | 石灰石                                  | 1.92E-01 |          | 2.78E-03 |          |
|        | 再生可能資源 | 木材                                   | —        |          |          |          |
|        |        | 水 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .) | 2.40E-05 |          |          |          |
| 環境への排出 | 大気     | CO <sub>2</sub>                      | 1.13E-01 | 2.87E-02 | 2.38E-01 | 7.41E-04 |
|        |        | CH <sub>4</sub>                      | 1.09E-06 | 1.65E-06 | 6.19E-08 | 3.97E-07 |
|        |        | N <sub>2</sub> O                     | 8.88E-06 | 1.59E-06 | 1.53E-07 | 6.98E-09 |
|        |        | NO <sub>x</sub>                      | 1.08E-04 | 1.82E-05 | 1.60E-06 | 1.39E-07 |
|        |        | NO <sub>x</sub> （移動発生源）              | 6.65E-06 | 1.70E-05 | 3.95E-07 | 3.57E-06 |
|        |        | PM10（移動発生源）                          | 4.87E-07 | 1.25E-06 | 2.89E-08 | 2.62E-07 |
|        |        | SO <sub>2</sub>                      | 1.60E-04 | 3.08E-05 | 3.27E-07 | 3.21E-09 |
|        |        | SO <sub>x</sub>                      | 8.84E-06 | 3.32E-06 | 5.14E-07 | 6.09E-07 |
|        |        | ばいじん                                 | 1.49E-05 | 3.45E-06 | 5.75E-08 | 4.20E-08 |
|        |        | 炭化水素                                 | 1.98E-06 | 2.27E-06 | 7.41E-08 | 4.28E-07 |
|        | 水域     |                                      |          |          |          |          |
|        | 土壌     | 焼却灰                                  |          |          | 1.08E-01 |          |

表 4.3-2 ストーンペーパー（埋立処理）の LCI 分析結果（単位：[kg/m<sup>2</sup>]）

|        |        |                                      | 製造       | 印刷       | 廃棄       | 輸送       |
|--------|--------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 消費負荷   | 枯渇資源   | 一般炭                                  | 2.15E-02 | 2.38E-03 | 3.62E-04 | 2.59E-08 |
|        |        | 原料炭                                  | 6.82E-09 | 4.99E-04 |          |          |
|        |        | 原油（資源）                               | 6.09E-02 | 1.81E-02 | 1.88E-04 | 1.13E-06 |
|        |        | 天然ガス                                 | 5.89E-03 | 7.06E-04 | 1.70E-04 | 2.85E-07 |
|        |        | 石灰石                                  | 1.92E-01 |          |          |          |
|        | 再生可能資源 | 木材                                   | —        |          |          |          |
|        |        | 水 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .) | 2.40E-05 |          |          |          |
| 環境排出負荷 | 大気     | CO <sub>2</sub>                      | 1.13E-01 | 2.87E-02 | 2.04E-03 | 7.30E-04 |
|        |        | CH <sub>4</sub>                      | 1.09E-06 | 1.65E-06 | 3.17E-08 | 3.96E-07 |
|        |        | N <sub>2</sub> O                     | 8.88E-06 | 1.59E-06 | 7.80E-08 | 6.76E-09 |
|        |        | NO <sub>x</sub>                      | 1.08E-04 | 1.82E-05 | 8.09E-07 | 1.34E-07 |
|        |        | NO <sub>x</sub> （移動発生源）              | 6.66E-06 | 1.70E-05 | 1.95E-07 | 3.55E-06 |
|        |        | PM10（移動発生源）                          | 4.89E-07 | 1.25E-06 | 1.43E-08 | 2.60E-07 |
|        |        | SO <sub>2</sub>                      | 1.60E-04 | 3.08E-05 | 6.12E-08 | 3.12E-09 |
|        |        | SO <sub>x</sub>                      | 8.85E-06 | 3.32E-06 | 2.59E-07 | 5.94E-07 |
|        |        | ばいじん                                 | 1.49E-05 | 3.45E-06 | 2.62E-08 | 4.06E-08 |
|        |        | 炭化水素                                 | 1.98E-06 | 2.27E-06 | 3.71E-08 | 4.25E-07 |

|  |    |     |  |  |         |  |
|--|----|-----|--|--|---------|--|
|  | 水域 |     |  |  |         |  |
|  | 土壌 | 鉱さい |  |  | 2.4E-01 |  |

表 4.3-3 上級印刷紙（焼却処理）の LCI 分析結果（単位：[kg/m<sup>2</sup>]

|                |            |                                    | 製造       | 印刷       | 廃棄       | 輸送       |
|----------------|------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源       | 一般炭                                | 1.78E-02 | 2.38E-03 | 4.50E-04 | 8.64E-09 |
|                |            | 原料炭                                | 2.10E-05 | 4.99E-04 | 1.08E-08 |          |
|                |            | 原油（資源）                             | 3.18E-02 | 1.81E-02 | 2.62E-04 | 2.10E-03 |
|                |            | 天然ガス                               | 4.56E-03 | 7.06E-04 | 2.12E-04 | 2.12E-11 |
|                |            | 石灰石                                | 3.70E-02 |          | 1.80E-03 |          |
|                | 再生可<br>能資源 | 木材                                 | 2.46E-01 |          |          |          |
|                |            | 水（m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ） | 1.33E-02 |          |          |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 大気         | CO <sub>2</sub>                    | 1.65E-01 | 2.87E-02 | 3.39E-03 | 6.29E-03 |
|                |            | CH <sub>4</sub>                    | 1.15E-05 | 1.65E-06 | 4.00E-08 | 6.39E-07 |
|                |            | N <sub>2</sub> O                   | 6.54E-06 | 1.59E-06 | 9.87E-08 | 1.67E-07 |
|                |            | NO <sub>x</sub>                    | 1.16E-04 | 1.82E-05 | 1.03E-06 | 1.80E-04 |
|                |            | NO <sub>x</sub> （移動発生源）            | 1.16E-05 | 1.70E-05 | 2.55E-07 | 1.82E-08 |
|                |            | PM10（移動発生源）                        | 8.52E-07 | 1.25E-06 | 1.87E-08 |          |
|                |            | SO <sub>2</sub>                    | 1.55E-04 | 3.08E-05 | 2.11E-07 | 7.83E-08 |
|                |            | SO <sub>x</sub>                    | 5.25E-06 | 3.32E-06 | 3.32E-07 | 1.44E-04 |
|                |            | ばいじん                               | 4.93E-05 | 3.45E-06 | 3.71E-08 | 2.69E-06 |
|                |            | 炭化水素                               | 2.44E-06 | 2.27E-06 | 4.79E-08 | 1.52E-08 |
|                |            | 水域                                 | COD      | 1.31E-03 |          |          |
|                | N total    |                                    | 2.45E-05 |          |          |          |
|                | P total    |                                    | 6.14E-06 |          |          |          |
|                | 土壌         | 焼却灰                                |          |          | 2.40E-02 |          |

表 4.3-1 及び表 4.3-2 の「輸送」はストーンペーパーの原料であるポリエチレンを製造するために必要な原油の海上輸送に起因する資源消費量と環境への排出物量を示している。同様に表 4.3-3 の「輸送」は上級印刷紙の原料となる木材チップの海上輸送に係わる環境負荷を示している。

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2（「LIME Sheet」<sup>5)</sup>）を利用し、特性化、被害評価、統合化の3ステップについて評価を実施した。インパクト評価の前提条件として以下を考慮した。

- ・上級印刷紙の原料に木材を使用するが、管理された森林からの再生資源の採取であると考え、資源消費の対象にしない。また、紙はバイオマス資源の利用でありカーボンニュートラルなので焼却によるCO<sub>2</sub>の排出は地球温暖化への影響に含めない。

・ストーンペーパーでは、「輸送」の環境負荷はいずれのインベントリ項目についても製造、印刷、廃棄の合計値よりも十分小さく無視できるが、上級印刷紙では「輸送」のSO<sub>x</sub>の排出量が、製造段階のSO<sub>2</sub>の排出量とほぼ同等の値になっており、海上におけるSO<sub>x</sub>の排出を「酸性化」や「都市域大気汚染」の影響評価の対象と考えるか否かで、評価が大きく変わる可能性がある。ここでは、海上におけるSO<sub>x</sub>の排出による「酸性化」や「都市域大気汚染」の影響を評価に含めない。

また廃棄段階のインベントリ分析では、上級印刷紙はリサイクルせず、ストーンペーパーについては焼却と埋め立てる両者を考えたが、その結果は想定したシナリオに大きく依存するものと思われる。したがって、廃棄段階の影響を明確にするために、まず製造段階までのインパクト評価を実施し両者の特徴を明確にした上で、それに廃棄段階を加えて、廃棄段階のシナリオの寄与を考察することにする。

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 製造までの環境影響

#### (1) 特性化

図 5.2-1～5.2-3 に上級印刷紙とストーンペーパーの製造段階までの地球温暖化、酸性化、富栄養化の特性化の結果を示す。

地球温暖化への影響はほとんどがCO<sub>2</sub>に起因し、上級印刷紙の方が大きい。しかし、ストーンペーパーはポリエチレンと炭酸カルシウムが主成分であるので、廃棄段階で焼却することによりCO<sub>2</sub>が発生する。後述するように、そのCO<sub>2</sub>を加算して考察する必要がある。

酸性化への影響は二酸化硫黄の寄与が大きく、上級印刷紙の方がは製造工程でのボイラー燃焼(C 重油, 石炭)及び電力使用によるSO<sub>x</sub>の排出量が多いので、全体として上級印刷紙の方が影響が大きくなる。また、富栄養化については、ストーンペーパーの製造は水を使わないのでほとんど無視でき、上級印刷紙だけの評価となる。

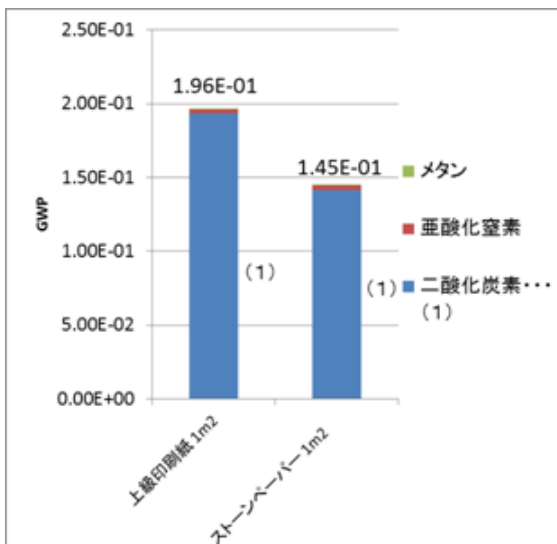


図 5.2-1 特性化 (地球温暖化)

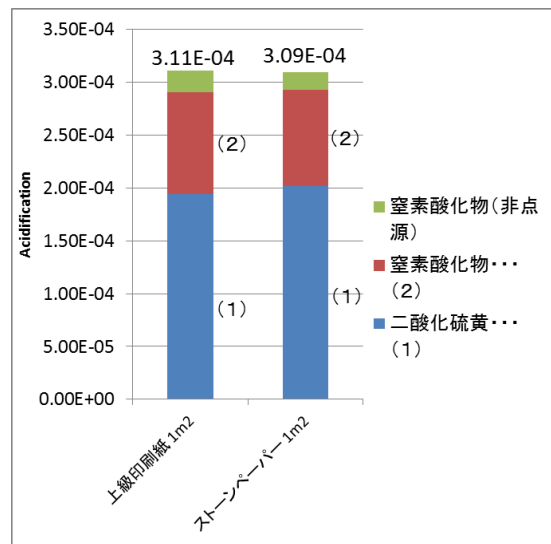


図 5.2-2 特性化 (酸性化)



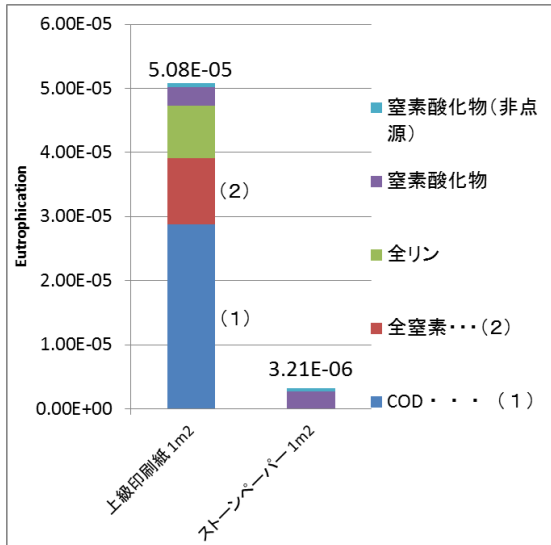


図 5.2-3 特性化 (富栄養化)

(2) 被害評価

製造までの被害評価の結果を、人間健康、社会資産、一次生産のそれぞれについて、表 5.2-4~5.2-5 に示す。

上級印刷紙とストーンペーパーの相違は、人間健康では SO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、PM10 の排出量の相違に、社会資産では全リンの排出量の相違に大きく起因し。上級印刷紙の方が大きい。SO<sub>x</sub> と CO<sub>2</sub> は、上述したように製造工程でのエネルギー消費量の相違に起因する。PM10 については上級印刷紙は実際の操業データに基づいて測定されているが、ストーンペーパーは操業データが入手できず、インベントリ分析がなされていないことに注意する必要がある。また、一次生産ではストーンペーパーに使われる石灰石の採掘が森林資源の生産を阻害する影響が大きく、ストーンペーパーの被害量が上級印刷紙より大きい。生物多様性への被害評価は、上級印刷紙もストーンペーパーも、統合化の評価で後述するように非常に小さい。

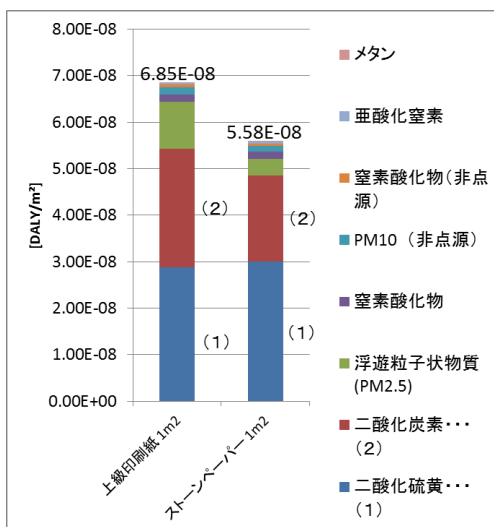


図 5.2-4 被害評価(人間健康[DALY/m<sup>2</sup>])

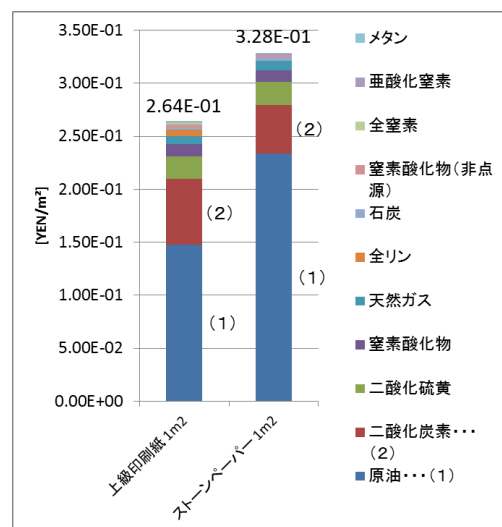


図 5.2-5 被害評価(社会資産[YEN/m<sup>2</sup>])

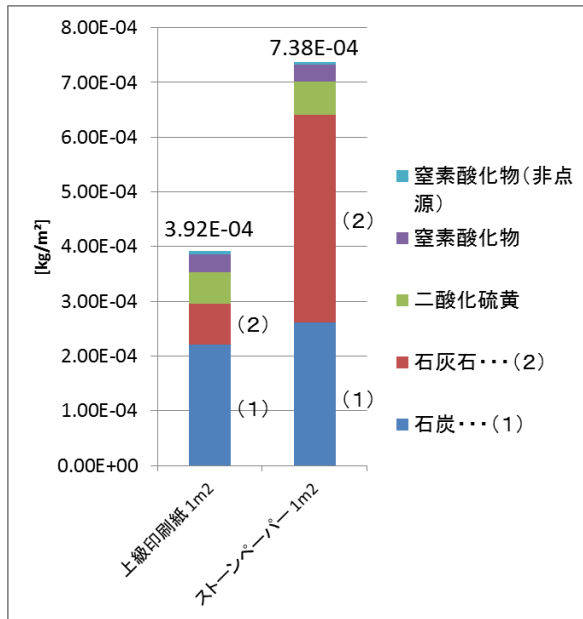


図 5.2-6 被害評価 (一次生産[NPP/m²])

### (3) 統合評価

製造までの統合評価を、被害評価の区分ごとに図 5.2-7 に示す。また物質ごとに図 5.2-8 に示す。

図 5.2-7 からは、統合化の結果は人間健康と社会資産への被害評価でほとんど決定されていることがわかる。上述したように、人間健康は CO<sub>2</sub> の排出量の相違に、社会資産は全リンの排出量の相違に起因した被害評価の結果が反映されている。一次生産の被害評価は、石灰石の採掘に起因してストーンペーパーの方が上級印刷紙より大きいですが、統合評価の結果にはほとんど表れない。

統合評価の結果を図 5.2-8 から物質ごとに見ると、上述したように、SO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、PM10 の相違に起因して、上級印刷紙の方がストーンペーパーより大きくなっていることがわかる。

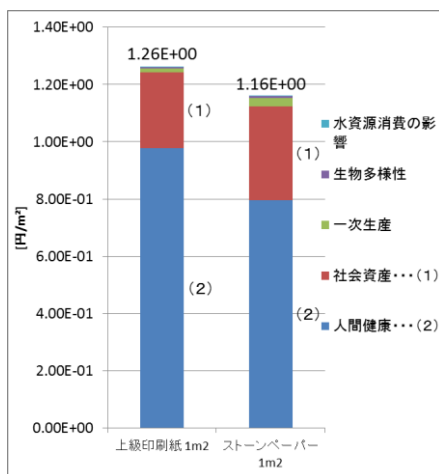


図 5.2-7 統合化 (被害評価別) [¥/m²]

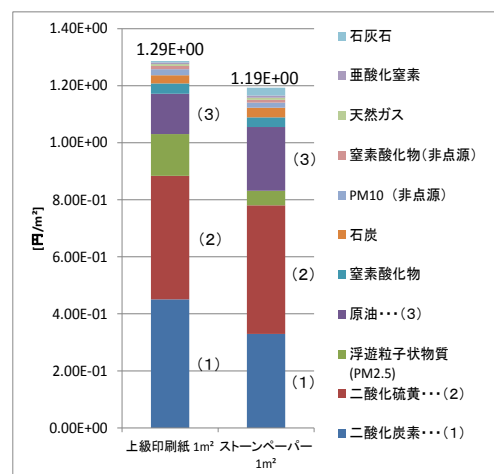


図 5.2-8 統合化(物質別) [¥/m²]

#### (4)水資源消費の環境影響評価に関する寄与（生産を海外で行った場合）

ストーンペーパーと上級印刷紙の生産拠点を海外にした場合の水資源消費の人間健康への影響(DALY/m<sup>2</sup>)を統合化係数を用いて(円/m<sup>2</sup>)に換算して、図5.2-9に示す。ここでの水資源消費は表4.3-1～4.3-3に示した製造工程での水の消費量を使用した。

同じ水の消費量であっても、使用する国によりその希少性が異なり、健康への影響も大きく異なる。ここでの評価は本下ら<sup>6)</sup>に従った。

図5.2-9の結果より、上級印刷紙を日本で生産する場合は水資源消費の健康への影響が小さいが、海外での生産（中国、エジプト、インドネシア、タイ）ではその環境影響が大きいことがわかる。水消費以外の環境影響がタイと日本で同じであることを仮定すれば、図5.2-7の上級印刷紙の統合化結果と図5.2-9で示したタイでの健康影響への被害を比較することができるが、タイでの水資源消費の人間の健康への影響2.19E-01円/m<sup>2</sup>は、その他の環境影響も含め図5.2-7に示した被害量1.26E+00円/m<sup>2</sup>の約17%となっている。水資源消費の影響が大きい国でストーンペーパーを製造する意義は大きい。

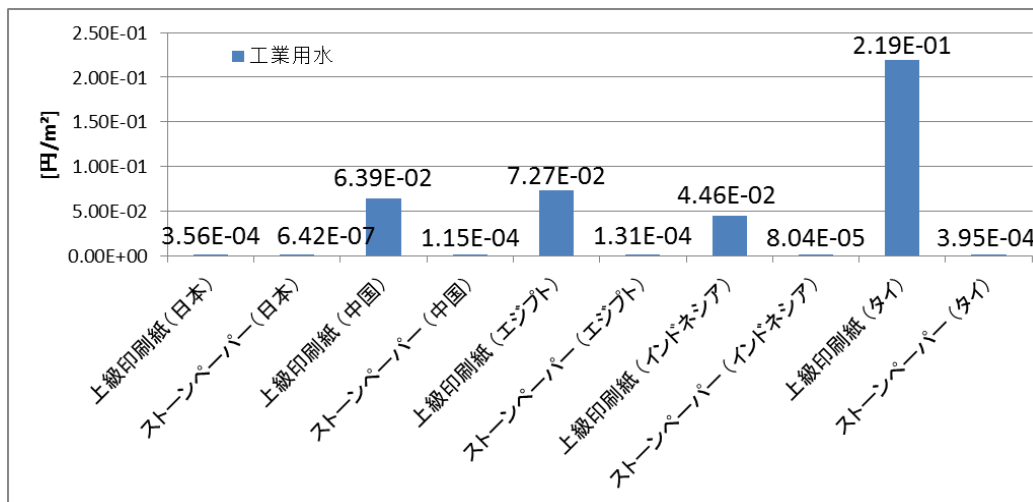


図5.2-9 被害評価（水資源消費の健康被害[円/m<sup>2</sup>]

## 5.2.2 ライフサイクル全体でのインパクト評価

### (1)特性化

ストーンペーパーの焼却処理と埋め立て処理、上級印刷紙の焼却処理を加えたライフサイクル全体での地球温暖化、酸性化及び富栄養化についての特性化結果をそれぞれ図5.2-10～図5.2-12に示す。

図5.2.10では、焼却の際のごみ発電による削減分を負の環境影響として示したので、これを差し引いて考える必要があるが、地球温暖化についてはいずれのケースもCO<sub>2</sub>排出の寄与が最も大きい。上級印刷紙は原料が木材なのでカーボンニュートラルとしているので、焼却しても地球温暖化への影響は、製造までとほぼ同様である。また、ストーンペーパーの埋め立て処理では温室効果ガスの排出量は少ないので、製造までの結果とほぼ同等である。ストーンペーパーの埋め立てと焼却の相違は、ストーンペーパーに含まれるポリエチレンの焼却によるCO<sub>2</sub>の排出量とみることができるが、このCO<sub>2</sub>排出量による影響が大きいことがわかる。

酸性化への影響はいずれのケースでもほぼ同様である。ここでは木材チップの海上輸送によるSO<sub>x</sub>の排出による酸性化への影響を計算に含めていない。

富栄養化の評価は上級印刷紙の製造工程でのインベントリしか考えていないので、製造までの結果と同様である。

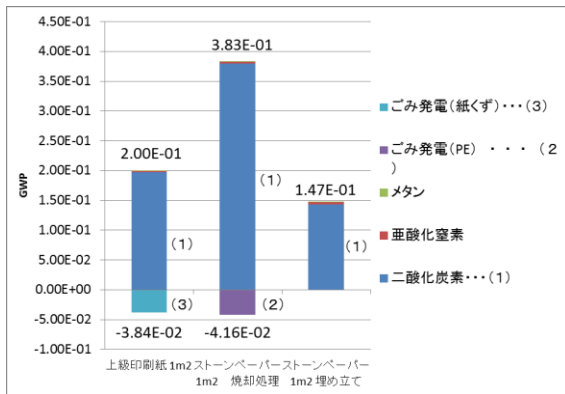


図 5.2-10 特性化:地球温暖化

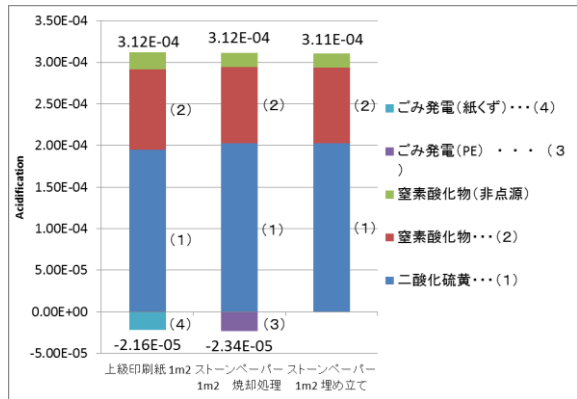


図 5.2-11 特性化:酸性化

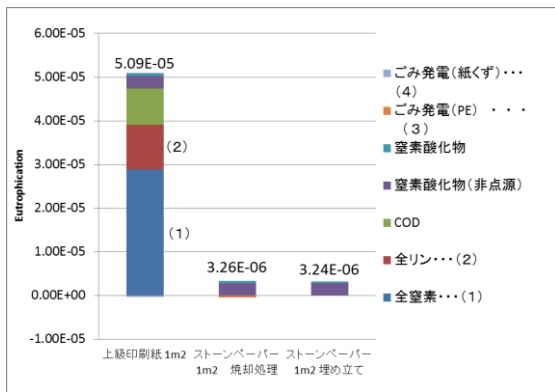


図 5.2-12 特性化:富栄養化

## (2)被害評価

4つの保護対象に対する被害評価結果（物質別内訳）図 5.2-13～図 5.2-16 に示す。また、それぞれの図で寄与が大きな物質について、被害係数とインベントリ分析結果を表 5.2-1～表 5.2-4 に示す。

人間健康ではいずれのケースも SO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> 排出の寄与度が大きい。上級印刷紙とストーンペーパーの埋め立て処理の影響は、製造までとほとんど同様であり、ストーンペーパーの焼却処理ではポリエチレンの由来の CO<sub>2</sub> 排出による影響が加算されている。

社会資産への影響は、いずれも製造までとは大きく異なる。上級印刷紙では、焼却灰の埋め立てによる社会資産への影響が加算され、製造までの影響の約 1.7 倍になっている。また、ストーンペーパーの焼却処理と埋め立て処理でも、焼却灰とストーンペーパーそのものの埋め立てが加算され、それぞれ 2.2 倍、7.4 倍になっている。ここでは、上級印刷紙の焼却とストーンペーパーの焼却処理で発生する CaO を「焼却灰」として計算し、ストーンペーパーの埋め立てでは「鉱滓」として計算している。LIME の評価では、比重が小さな「焼却灰」の方が、「鉱滓」よりも埋め立て用の土地を大きく占有するので、ストーンペーパーをそのまま埋め立てる処理の方が社会資産への被害係数が大きい、焼却処理による量的な減少とのトレードオフになっている。

生物多様性及び一次生産の評価でも埋め立て用の土地の占有面積が大きな寄与を占めるので、社会資産の評価とほぼ同様の結果が示されている。

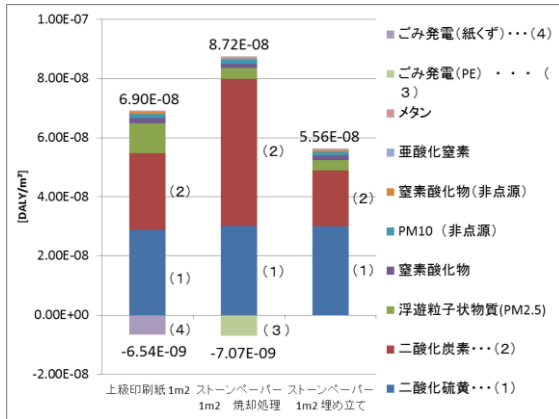


図 5.2-13 被害評価:人間健康[DALY/m<sup>2</sup>]

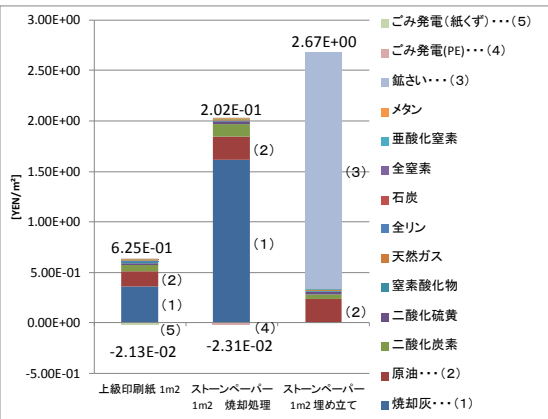


図 5.2-14 被害評価:社会資産[YEN/m<sup>2</sup>]

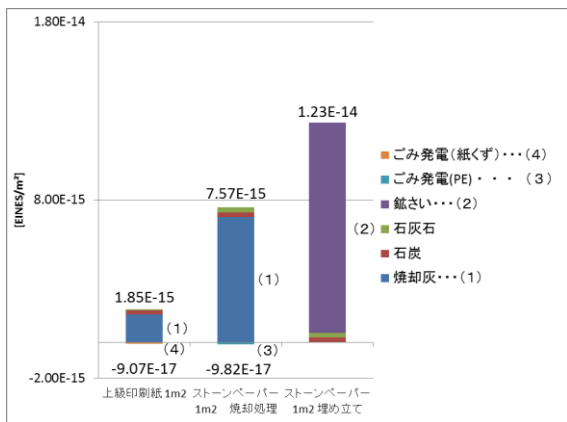


図 5.2-15 被害評価:生物多様性[EINES/m<sup>2</sup>]

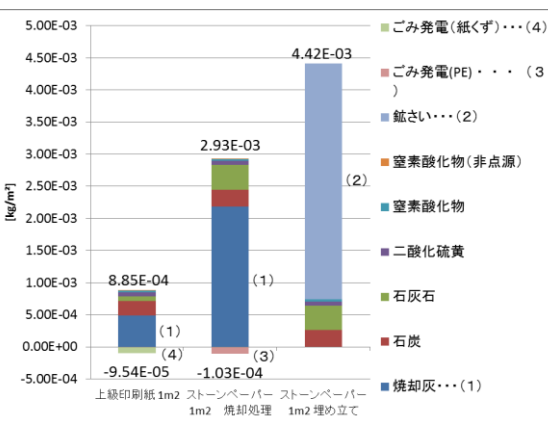


図 5.2-16 被害評価:一次生産[NPP/m<sup>2</sup>]

表 5.2-1 被害評価 (人間健康[DALY/m<sup>2</sup>])

| 物質名             | 被害係数     | インベントリ分析 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 |          | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 二酸化硫黄・・・(1)     | 1.49E-04 | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 高級印刷紙 (焼却処理)    |          | 1.60E-04 | 3.41E-05 | 5.43E-07 | 1.95E-04 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 1.68E-04 | 3.41E-05 | 8.40E-07 | 2.03E-04 |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          | 1.68E-04 | 3.41E-05 | 3.20E-07 | 2.02E-04 |
| 二酸化炭素・・・(2)     | 1.31E-07 | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 高級印刷紙 (焼却処理)    |          | 1.65E-01 | 2.87E-02 | 3.39E-03 | 1.97E-01 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 1.13E-01 | 2.87E-02 | 2.38E-01 | 3.80E-01 |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          | 1.13E-01 | 2.87E-02 | 2.04E-03 | 1.44E-01 |

表 5.2-2 被害評価 (社会資産[YEN/m<sup>2</sup>])

| 物質名             | 被害係数     | インベントリ分析 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 |          | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 焼却灰・・・(1)       | 1.49E+01 | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 高級印刷紙 (焼却処理)    |          |          |          | 2.40E-02 | 2.40E-02 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          |          |          | 1.08E-01 | 1.08E-01 |
| 原油・・・(2)        | 2.96E+00 | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| 高級印刷紙 (焼却処理)    |          | 3.18E-02 | 1.81E-02 | 2.62E-04 | 5.02E-02 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 6.09E-02 | 1.81E-02 | 4.06E-04 | 7.94E-02 |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          | 6.09E-02 | 1.81E-02 | 1.88E-04 | 7.92E-02 |
| 鉱さい・・・(3)       | 9.77E+00 | 製造       | 印刷       | 処分       | 合計       |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          |          |          | 2.40E-01 | 2.40E-01 |

表 5.2-3 被害評価 (生物多様性[EINES/m<sup>2</sup>])

| 物質名             | 被害係数     | インベントリ分析 |    |          |          |
|-----------------|----------|----------|----|----------|----------|
|                 |          | 製造       | 印刷 | 処分       | 合計       |
| 鉱さい・・・(2)       | 1.53E-02 |          |    |          |          |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          |          |    | 2.40E-01 | 2.40E-01 |
| 焼却灰・・・(1)       | 2.02E-02 | 製造       | 印刷 | 処分       | 合計       |
| 上級印刷紙 (焼却処理)    |          |          |    | 2.40E-02 | 2.40E-02 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          |          |    | 1.08E-01 | 1.08E-01 |

表 5.2-4 被害評価 (一次生産[kg/m<sup>2</sup>])

| 物質名             | 被害係数     | インベントリ分析 |    |          |          |
|-----------------|----------|----------|----|----------|----------|
|                 |          | 製造       | 印刷 | 処分       | 合計       |
| 鉱さい・・・(2)       | 4.92E-14 |          |    |          |          |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          |          |    | 2.40E-01 | 2.40E-01 |
| 焼却灰・・・(1)       | 6.51E-14 | 製造       | 印刷 | 処分       | 合計       |
| 上級印刷紙 (焼却処理)    |          |          |    | 2.40E-02 | 2.40E-02 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          |          |    | 1.08E-01 | 1.08E-01 |

(3) 統合化

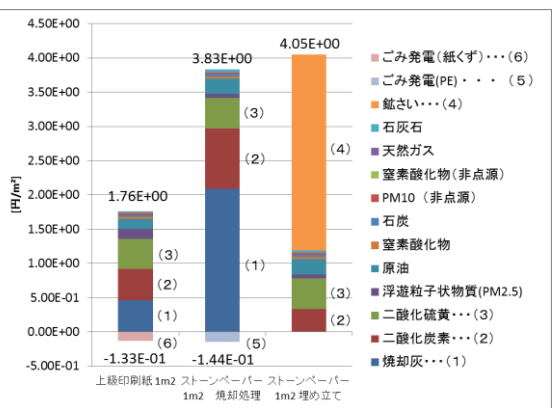
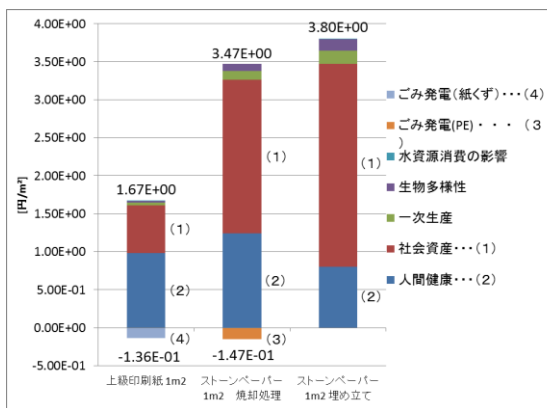


図 5.2-17 統合化(日本:被害評価別) [円/m<sup>2</sup>]

図 5.2-18 統合化(日本:物質別) [円/m<sup>2</sup>]

表 5.2-5 統合化(日本:物質別) (Ver.1 [円/m<sup>2</sup>])

| 物質名             | 統合化係数    | インベントリ分析 |
|-----------------|----------|----------|
| 焼却灰・・・(1)       | 1.93E+01 | 合計       |
| 上級印刷紙 (焼却処理)    |          | 2.40E-02 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 1.08E-01 |
| 二酸化炭素・・・(2)     | 2.33E+00 | 合計       |
| 上級印刷紙 (焼却処理)    |          | 1.97E-01 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 3.80E-01 |
| ストーンペーパー (埋め立て) | 1.44E-01 |          |
| 二酸化硫黄・・・(3)     | 1.20E+02 | 合計       |
| 上級印刷紙 (焼却処理)    |          | 1.95E-04 |
| ストーンペーパー (焼却処理) |          | 2.03E-04 |
| ストーンペーパー (埋め立て) | 2.02E-04 |          |
| 鉱さい・・・(4)       | 1.19E+01 | 合計       |
| ストーンペーパー (埋め立て) |          | 2.40E-01 |



ストーンペーパーと上級印刷紙の被害評価結果（人間健康、社会資産、一次生産、生物多様性、水資源消費）を統合化した結果を、被害評価を内訳として図 5.2-17 に示す。さらに、同じ統合化の結果をそれぞれの物質の寄与を内訳にして図 5.2-18 に示す。表 5.2-6 には寄与が大きい物質の統合化係数とインベントリ分析結果を示した。

図 5.2-17 より、いずれの場合も人間健康と社会資産の寄与が大きいことがわかる。特に、社会資産の影響が大きく、ストーンペーパー（焼却処理）の統合化の結果は上級印刷紙よりおよそ 1.7 倍大きい。これは、前述したように焼却残渣が上級印刷紙より多いことが原因となっている。

図 5.2-17,18 で示すように、ストーンペーパーの埋め立て処理ケースでは、焼却による CO<sub>2</sub> 排出に起因する人間健康被害が低減するが、埋め立て処分にかかわる社会資産の被害が大きく、統合化の結果は焼却処理するケースより約 10% 大きい。

#### (4) 水資源消費の環境影響（生産国を海外にした場合）と埋め立ての影響。

水消費以外の環境影響がタイと日本で同じであることを仮定し、図 5.2-9 の結果を図 5.2-17 に加算すると、上級印刷紙をタイで生産する場合は約 2.2 円/m<sup>2</sup> になるが、これはストーンペーパーの焼却処理する場合よりまだ小さい。したがって、タイでの製造の方が水資源消費の影響は大きくても、総合的に見ればタイではストーンペーパー製造するよりも上級印刷紙を製造する方が環境への影響が小さいという結果になる。しかし、この結果は上述したように廃棄物の埋め立ての影響評価に大きく依存する。廃棄物の埋め立ての環境影響評価をさらに精緻にすることが求められる。

#### (5) ストーンペーパーのリサイクル

ストーンペーパーが大量に使用され、パルプ紙と分別して回収されるようになれば、ストーンペーパーのリサイクルが可能になる。この時、①ストーンペーパーを溶融し再度ストーンペーパーに再生する、②ストーンペーパーを焼却・熱回収し、焼却灰を道路の基盤材などに再利用する、③ストーンペーパーを焼却・熱回収し、焼却灰として残る生石灰 (CaO) に CO<sub>2</sub> を吸収させ CaCO<sub>3</sub> に戻して再利用する、という三つの方法が考えられる。最初の方法は技術的には可能と思われるが、印刷されているストーンペーパーからのインクの除去が困難であること、またポリエチレンが劣化する可能性が高いことから実現が難しいと考えられる。後者のストーンペーパーの焼却灰を再利用するケースは、技術的にも問題がなく、また、上述したような埋め立てによる環境への影響、特に埋め立てによる社会資産への被害を回避できる大きな利点があると考えられる。

表 5.2-5 に示したインベントリ分析結果について、ストーンペーパーの焼却灰の数値だけをゼロにし、ストーンペーパーの焼却灰が再利用される場合の統合化の結果を、被害評価を内訳にして図 5.2-19 に物質を内訳にして図 5.2-20 に示す。これらの図では、ストーンペーパーの焼却により排出されるポリエチレンに由来する CO<sub>2</sub> 排出量は評価されている。また、パルプ紙とストーンペーパーそのものを埋め立てるケースについては、図 5.2-17, 図 5.2-18 と同じである。

図 2.5-19, 図 2.5-20 からはストーンペーパーの焼却灰をリサイクルすることができれば、ライフサイクル全体での環境への影響が、パルプ紙とほぼ同様になることがわかる。



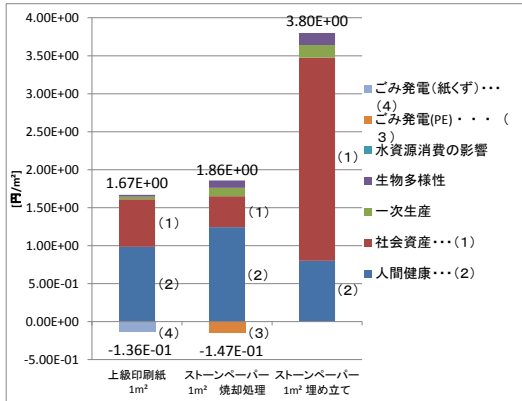


図 5.2-19 統合化(日本:被害評価別) [€/m<sup>2</sup>]  
ストーンペーパーの焼却灰リサイクル

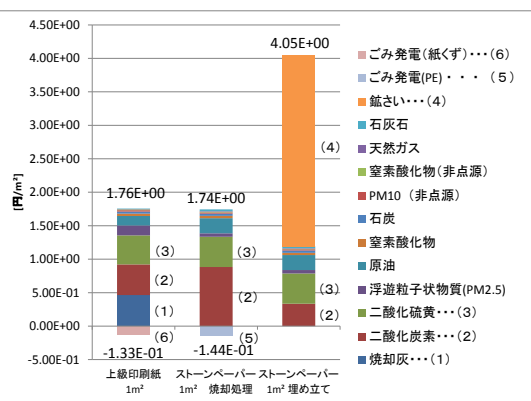


図 5.2-20 統合化(日本:物質別) [€/m<sup>2</sup>]  
ストーンペーパーの焼却灰リサイクル

## 6 結論

### 6.1 調査範囲

今回の評価では、廃棄段階の回収・リサイクルを除外したが、実際には上級印刷紙はリサイクルが行われている。ストーンペーパーの統合化の結果には、ストーンペーパーそのものの埋め立て、またはストーンペーパーの焼却残渣の埋め立てによる社会資産への影響が大きいことが示されているが、これらは埋め立て処分場の専有面積が大きいことが大きな原因となっている。ストーンペーパーは焼却しても残渣がほとんど減らないので、焼却しても社会資産への影響がほとんど減少しない。図 2.5-19, 図 2.5-20 に示したストーンペーパーの焼却灰を再利用するケースでは、埋め立ての社会資産への影響が大きく減少し、ライフサイクル全体の環境影響がパルプ紙とほぼ同様になる。ストーンペーパーの焼却残渣を埋め立てずにリサイクルすることや、道路舗装材に使用するなど廃棄段階の環境への影響を減少される対策を工夫する必要がある。

また、本報告では海上輸送に伴う SO<sub>x</sub> の排出による酸性化や都市域大気汚染への影響を数えない立場をとった。しかし、上級印刷紙は木材チップの海上輸送に伴う SO<sub>x</sub> 排出が大きい。海上での排出物の環境影響の考え方を整理する必要がある。

今回の評価では、さらに製品の中間製品の陸上輸送を無視している。水資源が少ない大陸内部で生産する時は、水資源消費による健康被害の影響に加えて内陸での陸上輸送の影響も検討する必要があると思われる。

### 6.2 まとめ

複数の環境問題を LIME2 により統合評価した結果、ストーンペーパーを焼却処理するケースは、上級印刷紙より環境影響が大きいことがわかった。これは、地球温暖化抑制の観点からカーボンニュートラルである上級印刷紙がストーンペーパーの焼却より優位であり、また、ストーンペーパーを埋め立てるケースでは埋め立て処分場を使用することによる社会資産への影響が大きいことに起因する。したがって、ストーンペーパーの焼却灰を再利用することができれば、ストーンペーパーのライフサイクル全体での環境への影響は大きく減少し、パルプ紙とほぼ同様になる。

また、水資源消費の健康被害への影響に関しては生産拠点を水資源が少ない国にする場合にはストーンペーパーの水資源の保護効果が大きいことがわかる。

総合的に考えるとストーンペーパーの製造による水資源消費保護と廃棄物の増大による環境影響がトレードオフの関係にある。この両者はともに、さらなる環境影響評価の研究が必要とされている領域である。今後早急に発展させる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 日本製紙連合会：“紙の LCI データ算定概要”，  
LCA 日本フォーラム,< <http://lcadb.jemai.or.jp/lca/servlet/Default> >
- 2) 内田弘美：“グラビア印刷による包装材料のLCA評価”  
日本包装学会誌,16(2007)6,p.397-404
- 3) 社団法人 産業環境管理協会 LCA 支援ソフトウェア「JEMAI-LCA Pro(ver.1.2.2)」
- 4) 社団法人産業環境管理協会：“製品等ライフサイクル環境影響評価成果報告書”，(2003)
- 5) 独立行政法人 産業技術総合研究所 「LIME Sheet(ver.1)」
- 6) Motoshita, M., Itsubo, N. and Inaba, A., : Development of impact factors on damage to health by infectious diseases caused by domestic water scarcity, International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 16, No. 1, pp.65-73,(2010)
- 7) Motoshita, M., Itsubo, N., Inaba, A. : Damage assessment of water scarcity for agricultural use. Proceedings of the Nineth International Conference on EcoBalance, pp.D1-1410, (2010)

＜投稿編集のご案内＞

LCA日本フォーラムニュースレターでは、会員の方々のLCAに関連する活動報告を募集しています。活動のアピール、学会・国際会議等の参加報告、日頃LCAに思うことなどを事務局(lca-project@jemai.or.jp)までご投稿ください。

＜発行 LCA 日本フォーラム＞

社団法人 産業環境管理協会内

LCA事業推進センター LCA事業室

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2-2-1

E-mail : lca-project@jemai.or.jp Tel: 03-5209-7708

URL: <http://lca-forum.org/>

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)