

# LCA 手法を用いた古紙分別アプリ活用による環境影響評価

九州大学大学院 学生会員 ○小城 直也

九州大学大学院 フェロー会員 島岡 隆行  
九州大学大学院 正会員 杉崎 康弘

## 1. はじめに

古紙の再資源化は、紙製品の原料確保だけでなく、廃棄物削減、森林資源の維持に大きく貢献している。日本では、古紙の回収率は2021年で81%、利用率は65%と世界でもトップクラスにあり、古紙利用の拡大を見込むことは難しい状況にあるが、脱炭素社会実現に向けて、さらなる再資源化が求められる。

福岡市では、循環型社会づくりのための取り組みとして、令和2年度より事業系ごみの分別区分に古紙が追加され、ごみの減量と古紙の再資源化に取り組んでいる。しかし、小規模事業者では大企業と比較して古紙の回収率が高くなく、分別率向上のためのさらなる取り組みが求められている<sup>1)</sup>。

リサイクル推進のための近年の状況として、アプリなどの情報技術活用が広まっていることがあげられる。ごみ分別支援アプリ「さんあ〜る」を例に挙げると、導入自治体は年々増加しており、現在では179の自治体で導入されている<sup>2)</sup>。

リサイクル促進のための分別アプリの分別行動促進効果については、中国での研究において、分別アプリを利用できる者とそうでない者の間で分別率に16~20%程の有意な差があることが示されている<sup>2)</sup>。しかし、アプリ導入の環境への貢献を定量的に解析した事例は見られない。定量的な分析をするための手法として、製品の一生を通して環境に与える影響を評価する「Life Cycle Assessment : LCA」と呼ばれる手法があり、現在様々な産業で環境影響を考える際に利用されている。

本研究では、分別アプリの利用を例にとり、福岡市の小規模事業者が排出する古紙において、古紙を再資源化する場合としない場合のLCAを算出し、古紙の分別率増加が地球環境に及ぼす影響を考察した。

## 2. LCA 算出

### 2.1 LCA の評価対象および対象領域

本研究においてLCA評価を行う条件について、以下のように設定した。

1) 評価対象：本研究では、紙製品の生産から廃棄に伴

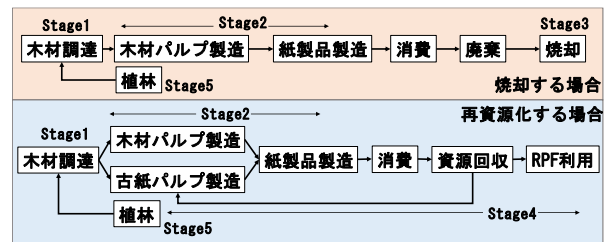


図1 紙製品のライフサイクルに関するプロセス

表1 紙製品に関するインベントリデータ

製造・廃棄	インベントリモデル	備考
木材パルプ製造	クラフトパルプ(KP)を製造(t/年)	古紙パルプを使用する場合の配合率はKP:DIP=3:7
古紙パルプ製造	脱インキパルプ(DIP)を製造(t/年)	
紙製品製造	小規模事業者における発生量:104,894 t/年 (内訳:新聞紙10%, 印刷用紙32%, 包装用紙8%, 段ボール用紙40%, コートボール10%)	紙・板紙内需(日本製紙連合会)より分類
焼却	廃棄される紙製品のみを焼却(t/年)	
RPF利用	製造されたRPFを全て燃料として焼却(t/年)	
森林再生	インベントリモデル	備考
植林	ユーカリ(オーストラリア産)(t/年)	
輸送	インベントリモデル	備考
木材輸送	海上輸送: チップ船 約9,000km 陸上輸送: 10tトラック 150km(積載率100%)	木材は輸入木材を想定
紙製品輸送	輸送方法: 10tトラック(積載率100%)	
焼却施設までの輸送	消費地⇄工場: 150km	
再生工場・RPF製造工場までの輸送	消費地⇄焼却施設: 100km 消費地⇄再生工場・RPF製造工場: 100km	

い排出されるCO<sub>2</sub>について評価を実施した。

2) システム境界：システム境界は、木材の調達に始まり、紙製品の製造と共に植林を行い、伐採可能となるまでの期間を1サイクルとした。なお、木の伐採に関わるCO<sub>2</sub>排出は境界外とした。

3) 対象プロセス：本研究における紙製品の一生に伴うプロセスを図1に示す。一連のプロセスは、木材調達(Stage1)、紙製品の製造(Stage2)、焼却(Stage3)、再資源化(Stage4)、森林再生(Stage5)に分けられる。また、各プロセス間で輸送に関わるCO<sub>2</sub>が発生する。再資源化については古紙パルプの製造とRPF製造に分けられるが、消費地からそれぞれの工場までの距離は同じとした。

### 2.2 CO<sub>2</sub> 排出のインベントリデータ

CO<sub>2</sub> 排出に関するインベントリデータを表1に示す。製品の製造に関しては、西オーストラリア州南西部にユーカリを植林し、熊本県の製紙工場でパルプ化、製紙を行うとした。このとき、古紙利用製品の製造量は、その時点での古紙回収率に依存するものとした。古紙パルプの配合比率については、製品ごとに様々な基準が存在するが、ここでは全て木材パルプ：古紙パルプ=3：7となるよう配合するとした。製造品目は、紙製品

の内需を参考に、新聞紙、印刷用紙、包装紙、段ボール、コートボールを主品目とした。また、木材パルプ製造の際発生する黒液はバイオマス燃料となるため、CO<sub>2</sub>排出量を考える際は植物として育成する際のCO<sub>2</sub>固定量を考慮する必要があるが、ここでは植林によるCO<sub>2</sub>吸収量として計上している。また、植林については、再資源化の有無にかかわらず同数の植林を行い、必要分伐採するとした。ここで、樹齢10年以上の木材を伐採するとし、間伐など森林管理者の管理方法による影響は考慮していない。輸送に関しては、2国間では木材チップ船による海上輸送、国内ではトラックによる輸送を想定した。

### 2.3 計算方法

本研究では、分別率向上による再資源化効果を見るため、向上率0~20%の範囲内で、各向上率でのCO<sub>2</sub>排出量を、各プロセスの積み上げ法を用いて計算した。輸送については、それぞれの輸送手段での移動距離と輸送の際の燃料使用量から、それぞれの燃料のCO<sub>2</sub>排出係数を用いて求めた。製品の製造では、日本製紙連合会の資料またMiLCAを用いて、品目ごとのCO<sub>2</sub>排出量を算出した。植林によるCO<sub>2</sub>吸収について、再資源化の有無にかかわらず同数の植林を行うとすると、再資源化する場合、伐採されずに残ってCO<sub>2</sub>吸収を続ける木が存在し、両者比較の際はそれらの木によるCO<sub>2</sub>吸収も考慮した。RPFによるCO<sub>2</sub>排出量については、福岡市で生産されたRPFがパルプや紙製品製造以外の用途で全て燃焼利用されることを想定した。

### 3. 計算結果及び考察

紙製品を1t製造する際の各プロセスでのCO<sub>2</sub>排出量のグラフを図2に表す。また、分別率向上による再資源化の効果について、分別率の各向上率でのCO<sub>2</sub>総排出量を図3に表す。分別率が向上するほどCO<sub>2</sub>排出量は削減され、分別率が20%向上すると排出量を8343t/年削減することが可能であった。福岡市の小規模事業者数は全国の約1.07%である<sup>4)</sup>ため、全国での普及率100%となった場合、全体の分別率が20%向上した際に削減可能なCO<sub>2</sub>量は約78万t/年となると考えられる。製紙業界における2013年度比での2030年のCO<sub>2</sub>排出削減目標714万t/年である<sup>4)</sup>ため、この効果は2030年排出削減目標に対して約11%に相当するといえる。

### 4. おわりに

本研究では、分別アプリの利用促進による環境影響を評価するため、福岡市小規模事業者の古紙分別を対象に、LCA手法を用いて利用促進によるCO<sub>2</sub>排出削減効果の評価した。計算の結果、分別率20%の向上により約8千t/年の排出削減効果があることが分かった。また、これが全国の小規模事業者に普及した場合のCO<sub>2</sub>排出削減効果は、製紙業界における2030年までの削減目標の約11%に相当する効果があることが分かった。

### 謝辞

本研究は福岡市事業系ごみ資源化技術実証研究等支援事業の助成を受けたものです。ここに記して感謝の意を表します。

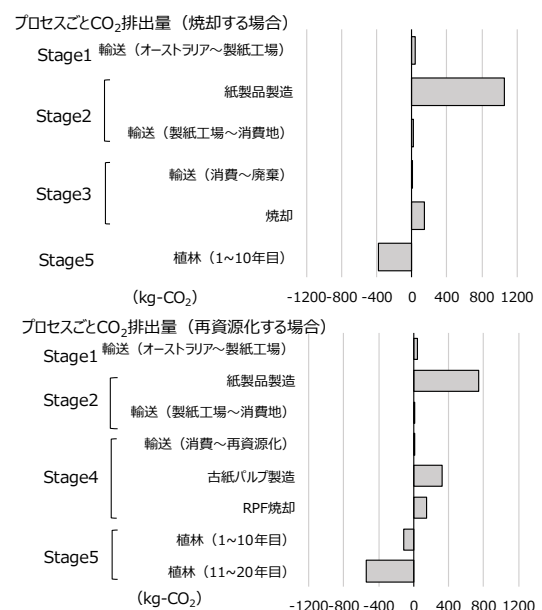


図2 再資源化しない場合(上)とする場合(下)の紙製品1t当たりのCO<sub>2</sub>排出量

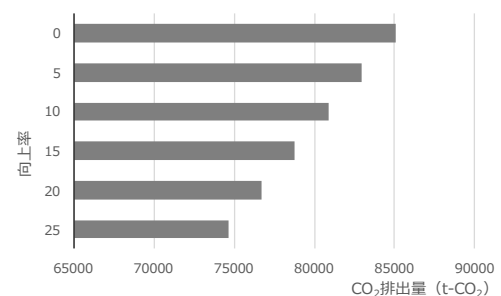


図3 分別率向上とCO<sub>2</sub>排出量の関係

#### 【参考文献】

- 1) 齊藤美穂ら:福岡市における事業系古紙回収の潜在市場に関する研究-新規回収ルートの認知度と課題の抽出-, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿, A1-8P, 第30回, 2019.
- 2) DelightSystem Inc. さんあ〜る HP (2023年1月5日閲覧). [https://delight-system.co.jp/threeR\\_HP/index.html](https://delight-system.co.jp/threeR_HP/index.html)
- 3) 謝楊, 新熊隆嘉: 中国における資源ごみ分別アプリがリサイクル率に与える影響-杭州市における資源ごみ分別回収アプリを例として-, 環境科学会誌, Vol.35, 5, pp.315-327, 2022.
- 4) 中小企業庁: 都道府県・都市別企業数(民営・非一次産業), 2014.
- 5) 日本製紙連合会: 製紙業界の「カーボンニュートラル行動計画(フェーズII)」, 2022.