

## 紙・板紙のライフサイクルにおける CO<sub>2</sub> 排出量

### I. はじめに

製品は、全てのライフサイクル段階(「原材料調達段階」→「生産段階」→「流通段階」→「使用・維持段階」→「廃棄・リサイクル段階」)において様々な環境への負荷を発生する。

紙・板紙を対象とした環境への負荷データ(LCI データ:ライフサイクルインベントリーデータ)については、2000年から調査を実施しているが、2006年に「紙・板紙の主要品種の LCI データについて」として CO<sub>2</sub> 排出量、エネルギー使用量などを公開した。

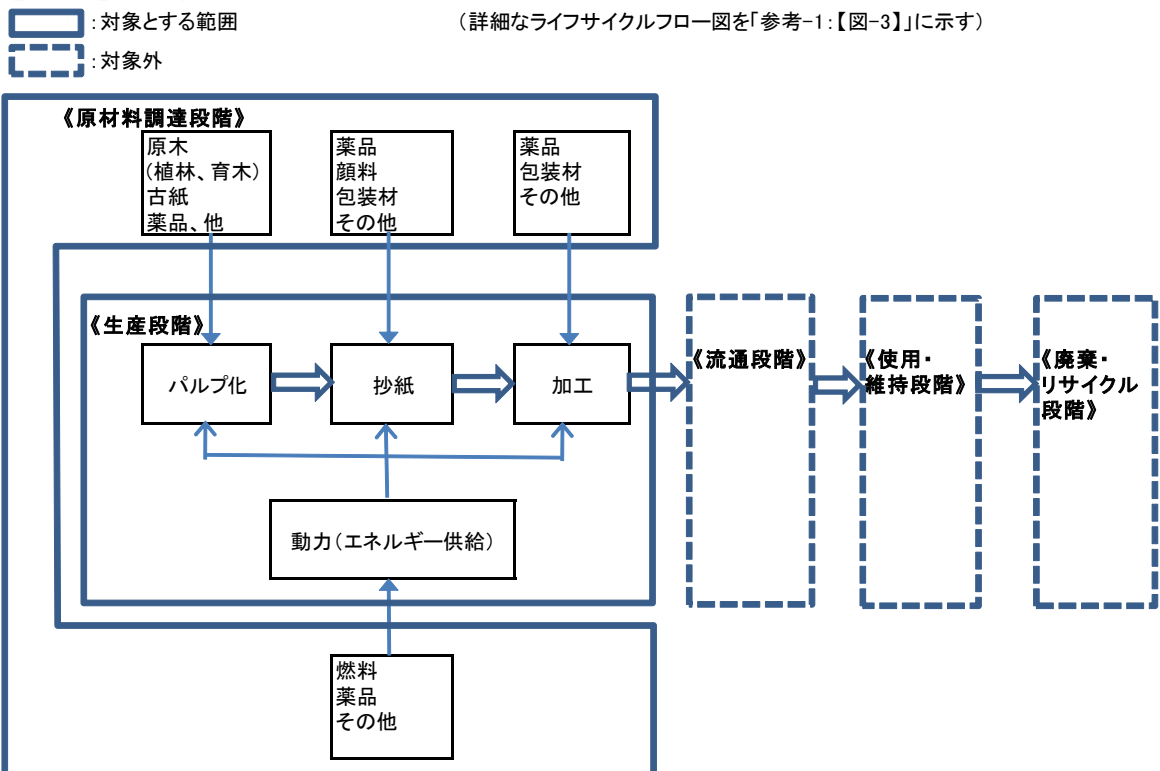
その後、

- 製紙業界は、省エネルギー、燃料転換などの CO<sub>2</sub> 排出削減対策を推進してきたこと
  - 社会的には“カーボンフットプリント”の取り組みが進展してきたこと
- などを踏まえ、紙・板紙の主要品種について CO<sub>2</sub> 排出量の見直しを行った。

### II. 算定の基本事項

1. “CO<sub>2</sub> 排出量”とは、「温室効果ガスを CO<sub>2</sub> に換算した相当量」を意味する。  
紙・板紙のライフサイクルでは、温室効果ガスのうち CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O が対象となる。
2. 紙・板紙は大半が中間財として使用されるため、「原材料調達段階」と「生産段階」を対象とする。

【図-1】 紙・板紙のライフサイクルフロー概念図



3. 原材料調達段階に含まれる CO<sub>2</sub> 排出量
- (ア) 原材料の製造まで
  - (イ) 原材料の紙・板紙工場までの輸送
  - (ウ) 原材料のうちリサイクル品である古紙については、  
古紙問屋から紙・板紙工場までの輸送  
(家庭などからの古紙回収及び古紙問屋での梱包などは、対象外)
4. クラフトパルプ(KP)の製造工程では、黒液と呼ばれる溶液が発生するが、この黒液を濃縮・燃焼してエネルギーとして利用している(以下、「黒液エネルギー」と称する)。黒液エネルギーについては、以下の考え方をを用いる。
- (ア) KP 製造工程で優先的に使用される。
  - (イ) KP 製造工程に必要なエネルギーを全て供給した上で余剰となる分(以下「黒液余剰エネルギー」と称する)は、KP を配合する製品の生産段階のエネルギーとして、KP 配合割合に応じて分配される。  
黒液は、木質チップを薬品と熱で処理した後にパルプから分離された溶液で、バイオマス燃料である。
5. 廃棄物燃料(廃プラスチックなどの廃棄物を原料とする燃料)の燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、以下の理由から勘定しない。
- (ア) 廃棄物燃料の燃焼は、使用済み製品の廃棄処理であり、使用済み製品の廃棄段階で勘定することが適当と考える。
  - (イ) 容器包装リサイクル法、循環型社会形成推進基本法では、サーマルリサイクルをマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルと区別している。  
廃棄物燃料の使用はサーマルリサイクルにあたり、使用済み資源を原材料として使用し CO<sub>2</sub> 排出量を勘定するマテリアルリサイクルとは異なると考える。
  - (ウ) 地球温暖化対策の推進に関する法律、及び エネルギーの使用の合理化に関する法律では、
    - 廃棄物燃料由来の CO<sub>2</sub> 排出量を化石燃料由来の CO<sub>2</sub> 排出量と区別している
    - 化石燃料の代替えとしての廃棄物燃料の利用は、化石エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量の削減に貢献するとしている。  
製紙業界では、積極的に廃棄物燃料用ボイラーの設備投資を行って廃棄物燃料の利用を進め、化石燃料由来 CO<sub>2</sub> 排出量を削減している。

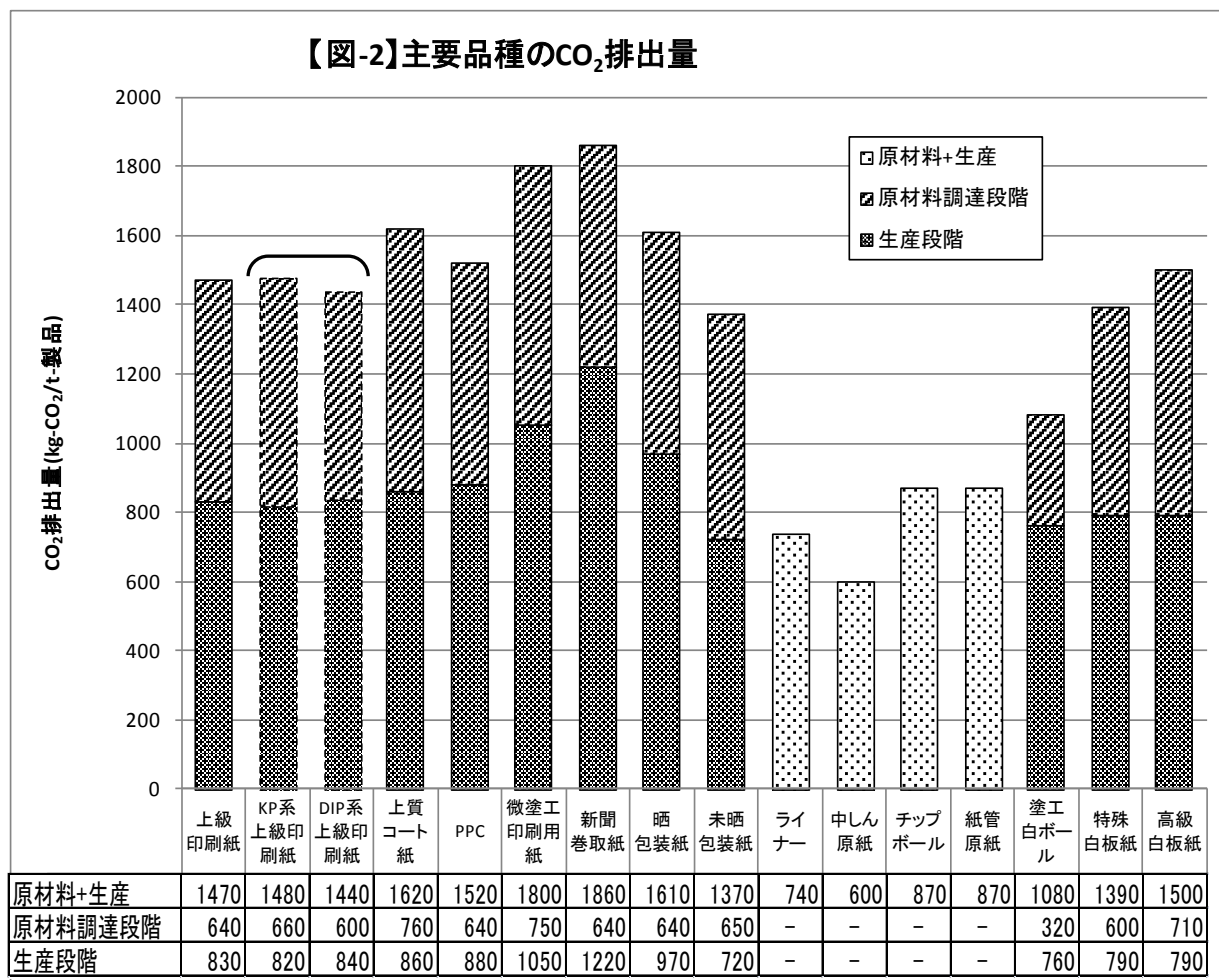
日本製紙連合会は 2009 年 3 月より、機械すき和紙連合会と共同でカーボンフットプリント制度試行事業に参加し「紙・板紙の PCR(Product Category Rule、商品種別算定基準)原案」の策定を進めてきた。2010 年 8 月に認定申請を行ったが、「廃棄物燃料の燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を勘定しない」という考え方は、現行のカーボンフットプリント制度の基本ルールでは認められていない。そのため、本レポートでは、日本製紙連合会の考え方にに基づき CO<sub>2</sub> 排出量を算定し公開する。

なお、CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法については「参考-2: CO<sub>2</sub> 排出量算定方法」を付した。  
また、用語の説明を「付録」に示した。

### Ⅲ. 主要品種のCO<sub>2</sub>排出量

主要品種 1トン当たりの CO<sub>2</sub> 排出量(kg-CO<sub>2</sub>/t-製品)を【図-2】に示す。

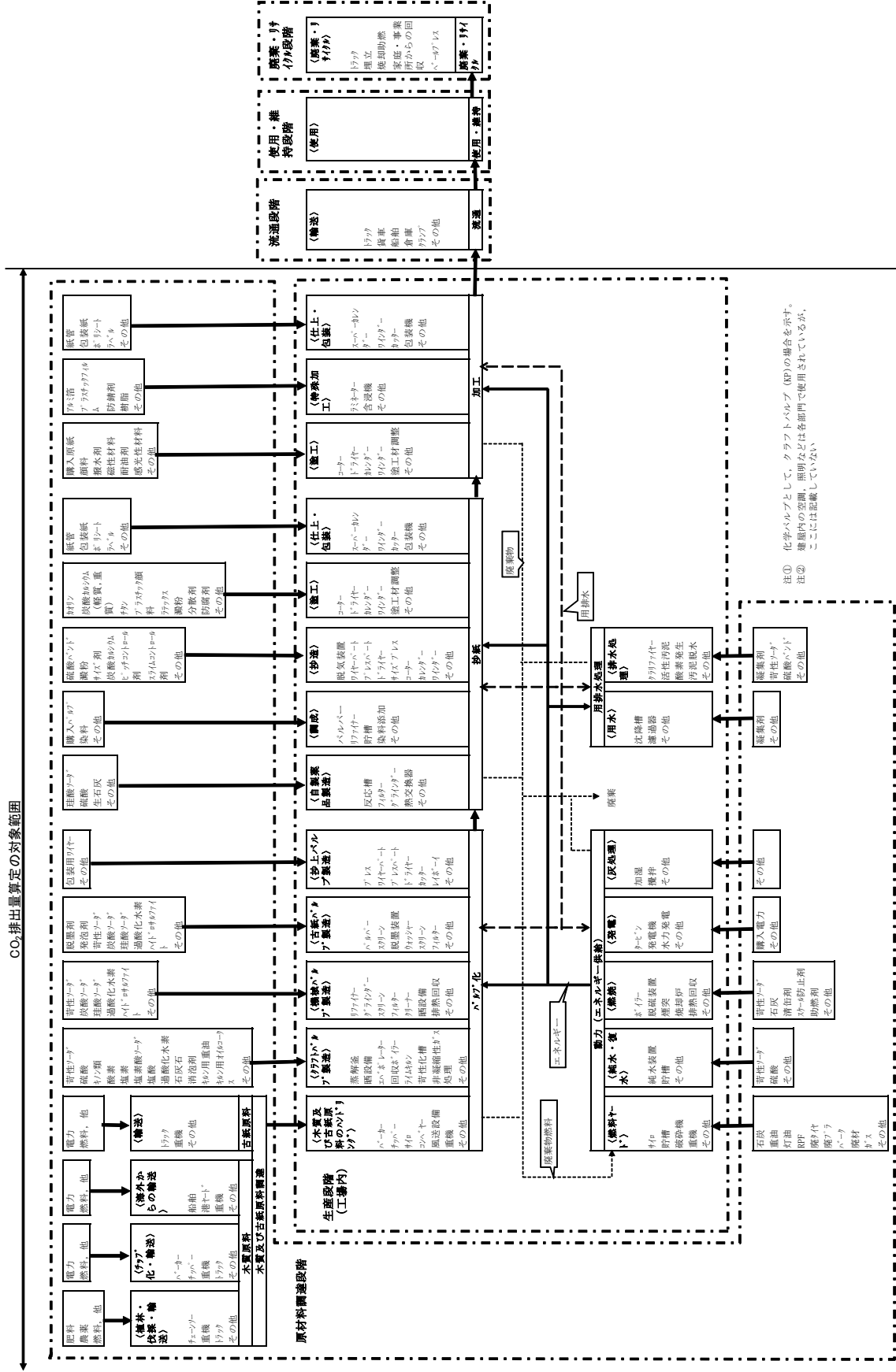
算定に当たってデータ収集を行った各品種の生産高が、全国生産高に占める割合を「参考-3:主要品種の生産カバー率」に示す。



1. 離解パルプを主な原料とする板紙(ライナー、中しん原紙、チップボール、紙管原紙)はCO<sub>2</sub>排出量が小さい。これは、離解パルプのCO<sub>2</sub>排出量が、KPやDIPなどに比べ小さいことが一因と考えられる。各パルプのCO<sub>2</sub>排出量の算定結果を、「参考-4:パルプのCO<sub>2</sub>排出量」にまとめた。
2. CO<sub>2</sub>排出量を「原材料調達段階」と「生産段階」のそれぞれに分けて算定した品種では、
  - (ア) 「原材料調達段階のCO<sub>2</sub>排出量」は600~800(kg-CO<sub>2</sub>/t-製品)で、「原材料+生産のCO<sub>2</sub>排出量」の約4割を占める。
  - (イ) 「生産段階のCO<sub>2</sub>排出量」は700~1200(kg-CO<sub>2</sub>/t-製品)で、「原材料調達段階のCO<sub>2</sub>排出量」に比べバラツキが大きく、「原材料+生産のCO<sub>2</sub>排出量」に占める割合も大きい。
3. 「KP系上級印刷紙」と「DIP系上級印刷紙」のCO<sub>2</sub>排出量の差は小さく、統計的に有意差は認められない。「上級印刷紙」は「KP系」と「DIP系」の平均を示す。  
生産段階のCO<sub>2</sub>排出量は、「DIP系」より「KP系」が小さいが、これは黒液余剰エネルギーの寄与によるとものとする。

4. 製品の CO<sub>2</sub> 排出量は、製造している工場の燃料構成などにより影響を受けるが、主要品種の CO<sub>2</sub> 排出量について、以下に考察する。
- (ア) 「上質コート紙」は、「上級印刷紙」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が大きいが、これは薬品の添加量が多く、薬品の CO<sub>2</sub> 排出量がパルプの CO<sub>2</sub> 排出量より大きいことが一因である。
  - (イ) 「新聞巻取紙」は、「上級印刷紙」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が大きいが、これは生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量の違いによる。「新聞巻取紙」の生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量が大いなのは、「上級印刷紙」に比べ黒液余剰エネルギーが少ないことが影響している。
  - (ウ) 「チップボール」「紙管原紙」は、「中しん原紙」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が大いが、これは抄紙エネルギーが大いことが一因である。
  - (エ) 「塗工白ボール」は、「チップボール」「紙管原紙」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が大いが、これは離解パルプよりも CO<sub>2</sub> 排出量が大い DIP を配合していることが影響している。  
「特殊白板紙」は、更に DIP 配合量が多く、CO<sub>2</sub> 排出量は大い。
  - (オ) 「高級白板紙」は、「特殊白板紙」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が大いが、これは薬品の添加量が多く、薬品の CO<sub>2</sub> 排出量がパルプの CO<sub>2</sub> 排出量より大きいことが影響している。

参考-1: 【図-3】ライフサイクルフロー図



## 参考-2: CO<sub>2</sub>排出量算定方法

### 1. 原材料調達段階;

CO<sub>2</sub> 排出量(kg-CO<sub>2</sub>/t-製品)

$$= \Sigma \{ \text{原材料の使用量(t-原材料/t-製品)} \times \text{原材料の CO}_2 \text{ 排出原単位(kg-CO}_2\text{/t-原材料)} \}$$

### 2. 生産段階;

CO<sub>2</sub> 排出量(kg-CO<sub>2</sub>/t-製品)

$$= \Sigma \{ \text{生産時のエネルギー使用量(GJ/t-製品)} \times \text{エネルギーの CO}_2 \text{ 排出原単位(kg-CO}_2\text{/GJ)} \}$$

エネルギー源は 2 種類あり、各々に「エネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位(kg-CO<sub>2</sub>/GJ)」を持つ

#### (ア) 動力部門からのエネルギー

動力部門からのエネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位(kg-CO<sub>2</sub>/GJ)

$$= \Sigma \{ \text{燃料使用量(t-燃料/GJ)} \times \text{燃料の CO}_2 \text{ 排出原単位(kg-CO}_2\text{/t-燃料)} \}$$

「動力部門からのエネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位」は、化石燃料、廃棄物燃料、バイオマス燃料(黒液を除く)などの種類や使用割合に依存する。燃料にガスを用いた場合は小さく、石炭では大きい。廃棄物燃料を用いた場合は小さい。

#### (イ) 黒液余剰エネルギー

「黒液余剰エネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位(kg-CO<sub>2</sub>/GJ)」は、「KP 製造工程で使用される原木、薬品などの CO<sub>2</sub> 排出量」を、KP と黒液に歩留りで按分し、「黒液の持つ CO<sub>2</sub> 排出量」を、黒液エネルギー量で除すことにより求める。

黒液余剰エネルギーはバイオマスエネルギーであり、「黒液余剰エネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位」は、「動力部門からのエネルギーの CO<sub>2</sub> 排出原単位」より小さく、紙・板紙製品の生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量は、KP を配合することにより低減する。

### 3. 算定の基本データ

#### (ア) 主要品種の基本データは 2008 年度実績を使用した。

算定方法を統一するため、日本製紙連合会・LCA 小委員会事務局が、会員各社の個々の製品の操業データを集約し CO<sub>2</sub> 排出量の算定を行った。

#### (イ) CO<sub>2</sub> 排出原単位などは、以下を参照した。

- 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(環境省)
- JLCA-LCA データベース 2009 年度版 3 版(産業環境管理協会)
- 味の素株式会社「味の素グループ版「食品関連材料 CO<sub>2</sub> 排出係数データベース」(’90・’95・’00 年版 3EID 対応) <http://www.ajinomoto.co.jp/company/kanky/>

### 4. 2006 年に公開した「紙・板紙主要品種の LCI データ」からの変更点とその影響

#### (ア) カーボンフットプリント制度の基本ルールなどを参考に行った変更

変更点	本レポート	2006 年	影響(対 2006 年)
原材料としての古紙の範囲	古紙問屋から紙・板紙工場への輸送	・古紙問屋から紙・板紙工場への輸送 ・家庭などからの回収 ・梱包など	古紙の CO <sub>2</sub> 排出量が小さくなるため、離解パルプ、DIP の CO <sub>2</sub> 排出量が減少
燃料の製造、輸送	含む	含まない	エネルギーの CO <sub>2</sub> 排出原単位が増加するため、全ての製品の CO <sub>2</sub> 排出量が増加
薬品・包装材の製造、輸送及び使用	含む	含まない	薬品使用量の多いパルプや製品の CO <sub>2</sub> 排出量が、大幅に増加

- (イ) 動力部門などのエネルギー効率及び原木の調達先を、実態に合わせて見直した。
- 実際のエネルギー効率は、2006年の想定値を下回っていたため、エネルギーのCO<sub>2</sub>排出原単位が増加し、製品のCO<sub>2</sub>排出量が増加した。
  - 2006年は全ての原木を輸入材と想定したが、本レポートでは、実際の国内材と輸入材の量を用いたためパルプのCO<sub>2</sub>排出量が低下し、製品のCO<sub>2</sub>排出量が低下した。
- (ウ) 2006年と比較して、全燃料に占める廃棄物燃料の割合が増加した。
- 「動力部門からのエネルギーのCO<sub>2</sub>排出原単位」が小さくなり、動力部門からのエネルギーを多く使う製品で、CO<sub>2</sub>排出量の減少幅が大きくなった。

5. 以下について共通のシナリオを設定した

(ア) 原木チップの海外調達及び国内調達に伴うCO<sub>2</sub>排出量(植林、育木、伐採、輸送などのCO<sub>2</sub>排出量)

(イ) 古紙の輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量

(ウ) 燃料、薬品の輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量

(エ) CO<sub>2</sub>排出量の負荷が小さい項目(各段階に占める割合が5%以下)

例えば、

- 包装材
- 製品倉庫、チップヤード、古紙ヤードの重機、工場内での横持ち輸送の燃料
- 抄紙工程で使用される汚れ防止剤、ボイラーで使用される純水製造用薬品など

### 参考・3: 主要品種の生産カバー率

データを収集した品種の生産高が全国生産高に占める割合を下記に示す。

主要品種のカバー率は、概ね 50%を上回った。

**【表-1】主要品種のカバー率**

	全国生産高	調査対象生産高	生産カバー率
	千トン	千トン	%
上級印刷紙	1,072	683	64
(内訳) KP系上級印刷紙	-	583	-
DIP系上級印刷紙	-	100	-
上質コート紙	2,408	1,844	77
PPC	921	632	69
微塗工印刷用紙	1,764	1,142	65
新聞巻取紙	3,596	2,265	63
晒包装紙	356	217	61
未晒包装紙	564	321	57
ライナー	5,099	3,301	65
中しん原紙	3,586	2,109	59
チップボール	128	60	47
紙管原紙	300	113	38
塗工白ボール	942	761	81
特殊白板紙	290	220	76
高級白板紙	302	161	53

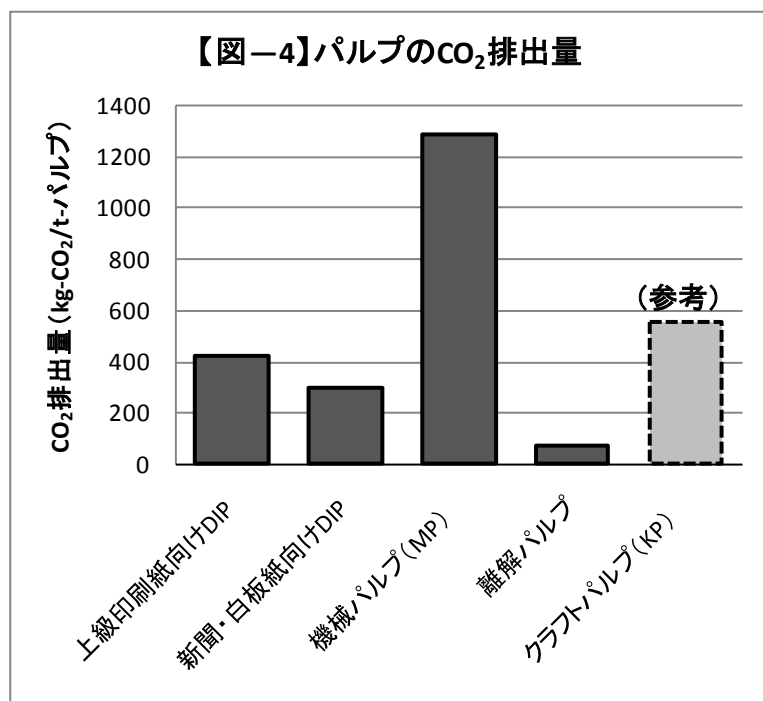
・全国生産高は2008年度日本製紙連合会 紙・板紙部調査データによる



## 参考-4:パルプの CO<sub>2</sub>排出量

パルプの CO<sub>2</sub> 排出量を【図-4】に示す。

1. DIP は、「上級印刷紙向け DIP」と「新聞・白板紙向け DIP」に分けてデータ収集を行った。「上級印刷紙向け DIP」は、「新聞・白板紙向け DIP」に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が多いが、これは、薬品やエネルギーの使用量が多いためである。
2. 機械パルプ(MP)は CO<sub>2</sub> 排出量が多いが、これは生産段階で動力部門からのエネルギーを多く使用するためである。尚、機械パルプには、碎木パルプ(GP)、サーモメカニカルパルプ(TMP)、ケミグラウンドパルプ(CGP)など多種類のパルプを含めた。
3. 離解パルプは、CO<sub>2</sub> 排出量が少ないが、これは、エネルギー及び薬品の使用量が少ないためである。



(注) KPのCO<sub>2</sub>排出量は、黒液余剰エネルギーを考慮していないため、他のパルプと単純に比較することは出来ない。

## 付録:用語の説明

カーボンフットプリント	商品・サービスのライフサイクルの各段階で排出された「温室効果ガス(GHG=greenhouse gas)の量」を合算して得られた全体の量を CO <sub>2</sub> 量に換算して表示すること
PCR	「Product Category Rule 商品種別算定基準」の略。商品・サービスごとの排出量の算定ルール
カーボンフットプリントの基本ルール	「カーボンフットプリント制度の在り方(指針)」及び「カーボンフットプリント制度 商品種別算定基準(PCR)策定基準」
中間財	一般消費者が消費する商品の原材料となる製品・生産物
クラフトパルプ(KP)	木質チップを水酸化ナトリウム、硫化ナトリウム、黒液などを含む液で蒸解して作ったパルプ
黒液	チップを蒸解して得られたパルプから分離された液体で、パルプ以外の木質原料と薬品を含む
黒液エネルギー	黒液を濃縮し燃焼することで得られるエネルギー
黒液余剰エネルギー	黒液エネルギーのうち、KP 製造工程に使用し、更に残った余剰分。 なお、黒液余剰エネルギーは、KP を配合する紙・板紙の生産エネルギーの一部として、KP の配合率に応じ配分される。その結果、紙・板紙の CO <sub>2</sub> 排出量は小さくなる。
サーマルリサイクル	使用済みの資源を燃焼し発生するエネルギーを熱、または電力に利用する手法
マテリアルリサイクル	使用済みの資源を原料、材料として再利用する手法。“再資源化”または“再生利用”と呼ばれることもある
ケミカルリサイクル	使用済みの資源を、そのままではなく、化学反応によって組成変換した後にリサイクルする手法
KP 系上級印刷紙	KP を主体とする上級印刷紙。 なお、本レポートでは、KP 配合率 95%以上の製品を対象とした
DIP 系上級印刷紙	DIP を配合した上級印刷紙。 なお、本レポートでは、KP 配合率 95%未満の製品を対象とした
脱インキパルプ(DIP)	原料となる古紙を、水中で揉みほぐし、更に印刷されたインキ成分を除去して作られるパルプ
上級印刷紙向け DIP	主に上級印刷紙に配合される DIP で、インキ残量が少なく、漂白され白色度が高い
新聞・白板紙向け DIP	主に新聞用紙、白板紙などに配合される DIP
離解パルプ	原料となる古紙を水中で揉みほぐし、脱インキせずに作られるパルプ。
機械パルプ(MP)	木材を、そのまま又は熱処理しながら機械的に処理して製造したパルプ
砕木パルプ(GP)	砕木機によって木材を摩砕して製造した機械パルプ
サーモメカニカルパルプ(TMP)	チップを蒸気で短時間加熱し、高温下で摩砕して製造した機械パルプ
ケミグランドパルプ(CGP)	木材に薬品をしみこませてから、機械的に処理して製造したパルプ