

静岡県産衛生紙のCFP（カーボンフットプリント）の試算 その2

－富士市の家庭紙工場の例－

Estimating of the Carbon Footprint of sanitary paper from Shizuoka prefecture, vol. 2

— a case study of sanitary paper mill at Fuji City —

安藤 生大

Takao ANDO

静岡県富士市の衛生紙工場で生産された、再生紙トイレトペーパー6個パック製品について、カーボンフットプリント（CFP）の再計算を行った。再計算にあたっては、同工場で生産しているトイレトペーパー以外の製品の生産割合を考慮し、可能な限り1次データを使用し、それ以外についてはカーボンフットプリント制度商品種別算定基準（PCR）「紙・板紙」（PPR-025）に則って計算した。その結果、2406.9g-CO₂eq/パックとの結果が得られた。トイレトペーパー1個あたりでは、包装・梱包資材を含めて401.15g-CO₂eq/個となった。CO₂排出量の段階毎の内訳は、原材料調達段階で140.63g-CO₂eq/パック（構成比5.8%）、生産段階で1824.57g-CO₂eq/パック（75.8%）、流通・販売段階で329.13g-CO₂eq/パック（13.7%）、廃棄・リサイクル段階で112.57g-CO₂eq/パック（4.7%）となった。CFPを削減するには、CO₂排出割合が高い生産段階において、省エネの推進や原単位の低い再生可能エネルギーの導入など、エネルギー由来のCO₂排出量の削減対策を行うことが効果的である。また、CFPの計算にあたっては、原料古紙のリサイクルを考慮した環境負荷の配分が必要であること、各種排水処理剤の原単位を整備する必要があること、さらにはPSの具体的な処理法を想定したPCRを作る必要があること等の課題が明らかとなった。

1. はじめに

カーボンフットプリント（「Carbon Footprint」、以後CFP）は、「製品のライフサイクル全般を通じて排出された温室効果ガスをCO₂量で表したもの」と定義されている¹⁾。

これまでの紙のライフサイクル・アセスメント（LCA）に関する研究としては、桂ら²⁾による上質紙のライフサイクルインベントリー分析、中澤ら³⁾による非木材パルプ及

び古紙パルプを配合した上質紙のライフサイクルインベントリー分析があり、これらをまとめて、桂⁴⁾が木材、非木材、古紙パルプのLCA評価を行った。その後、これらの木材、非木材、古紙パルプについてのLCA評価結果を用いて、上質紙⁵⁾や、環境報告書用紙⁶⁾のLCA評価に関する研究が行われた。再生紙のCFPの試算については、本研究の第1報にて、報告した。具体的には、静岡県富士市で生産された再生紙トイレトペーパー6個パック製品において、できるだけカーボンフットプリント制度商品種別算定基準（PCR）「紙・板紙」（PPR-025）に則って試算し、2160.65g-CO₂eq/パックの結果を得た。

CFPの制度化に関するこれまでの動向としては、2008年7月29日、「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定さ

連絡先：安藤生大 tando@cis.ac.jp

千葉科学大学危機管理学部環境危機管理学科

Department of Environmental Risk and Crisis Management,
Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

(2012年10月1日受付, 2012年12月12日受理)

れ、同年、経済産業省「カーボンフットプリント制度の在り方（指針）」、「商品種別算定基準（PCR：Product Category Rule）策定基準」のとりまとめ作業が開始された。続いて2010年8月には、日本製紙連合会を申請代表事業者として、PCR「紙・板紙」の申請がなされた。しかし、紙・パルプ業界で伝統的に行われてきた「廃棄物燃料の燃焼に伴うCO₂排出量」の環境負荷の取り扱いについて、日本製紙連合会の見解と現行のCFP制度の基本ルールとの間に意見の相違があるため、未だPCRの成立に至っていない。このような状況の中、2011年3月18日、日本製紙連合会のLCA小委員会から、「紙・板紙のライフサイクルにおけるCO₂排出量」が公表された。この中では、上級印刷紙など16品目についてCO₂排出原単位が公表された。しかし、衛生紙に関しては触れられていない。

衛生紙は、一般消費者にとって、生活に身近な使用頻度の高い紙であることから、先行的にCFPの表示がなされるべき製品と考えられる。そして、衛生紙の生産では、環境負荷の解釈が難しい黒液等のバイオマスエネルギーを利用しないことから、通常のCFPの計算方法で対応可能である。しかし、衛生紙の生産は、中小企業で行われている場合が多いため、自力での計算には限界がある。そのため、大学や公設研究所が数多くの事例研究を実施して、CFPの比較検討を行い、より簡易的にCFPの計算ができる環境を整備する必要がある。

そこで、本研究では、第1報に引き続いて、再生紙トイレットペーパー6個パック製品について、CFPの再計算を行った。再計算にあたっては、調査した工場で生産しているトイレットペーパー以外の製品の生産割合（全体の37.5%）を考慮し、可能な限り1次データを使用し、それ以外についてはカーボンフットプリント制度商品種別算定基準（PCR）「紙・板紙」（PPR-025）に則って計算した。その結果、現状のPCRの課題が明らかになったので報告する。

2. 方法

2.1 評価対象と算定範囲

調査した家庭紙工場は、富士市において平均的な生産規模の家庭紙工場である。模造紙、ケント紙、ラミネート紙（牛乳パック、紙コップ）等の古紙のみを原料として、トイレットペーパー、ちり紙等の生産を行っている。平均月産量は330tに達する。主要設備は、古紙蒸煮設備（14尺地球釜）1基と丸網ヤンキー式抄紙機2台であり、高性能パルパー、連続式原料調達装置、芯なしトイレットリワインダー、ログカッター、包装装置、地下水揚水設備、排水処理装置、ボイラ装置等の設備を有する。発生したPS（Paper Sludge）は、富士市内の共同スラッジ焼却炉へ輸送し、処理を行っている。

本研究におけるCFPの算定範囲は、①原料調達段階、②生産段階、③流通・販売段階、④使用・維持管理段階、⑤

廃棄・リサイクル段階の5段階とした（図1）。原料調達段階では、PCR附属書E「国内の古紙原料」に記載のある条件を採用した。生産段階は、工場でのエネルギー使用、工業用水の使用、製品のプラ包装資材の使用に伴うCO₂排出量を対象とした。流通・販売段階は、PCR附属書J「県間輸送」、附属書M「店舗販売」に記載のある条件を用いた。使用・維持管理段階は、PCR 44の記載に「紙・板紙が消費するエネルギーなどのユーティリティは無いと考えられる」とあるため、本論文ではこの段階のGHG排出量を考慮しない。廃棄・リサイクル段階は、プラ包装資材の廃棄処分、排水処理に伴う薬品使用、およびPSの処理を対象とした。PSの処理では、PCR 45.1を参考として廃棄焼却処理とした。PS焼却処理施設までの輸送は附属書J「市内輸送」の条件を用い、処理施設でのエネルギー使用と管理型最終処分場への埋め立てに伴うGHG排出量を対象とした。なお、工場設備等の耐久財に関するGHG排出量は、耐用年数の設定に関する問題が大きいため対象としない。生産段階における地下水の使用については、エネルギー使用のみを対象とした。

2.2 機能単位と計算方法

機能単位は、芯なしタイプのトイレットロール（シングル、130m巻）6個をLDPEで包装した製品（以後、パック製品）1個とした。CO₂排出量の算定方法は、機能単位あたりのCO₂排出量 = $\sum (\text{活動量}_i \times \text{CO}_2\text{排出原単位}_i)$: i は段階（プロセス）として、段階毎に積み上げ法により求めた。

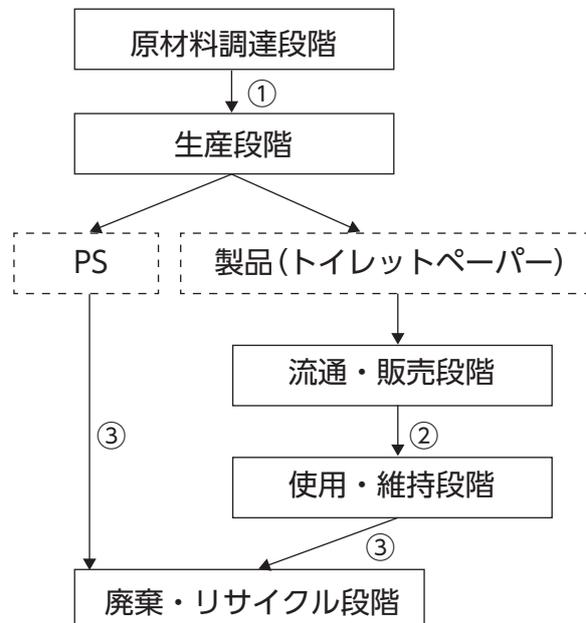


図1 家庭紙のライフサイクルステージと投入されるエネルギーと消耗品の概要

①: PCR 附属書 E 国内古紙原料シナリオ、②: 附属書 J 輸送距離 県間輸送(500 km)、③: 附属書 J 輸送距離 市内輸送(50 km)

2. 3 インベントリデータの収集方法

一次データは、古紙ヤード、家庭紙工場、およびPS処理施設での聞き取り調査により得た。PSの分析は、水分量、配分量、構成鉱物、主成分、示差熱重量分析、炭素量分析等を行った。二次データは、CFP共通原単位⁷⁾、産業連関表から算出された味の素グループ版食品関連材料CO₂排出係数データベース⁸⁾の3ヶ年度平均から得た。なお、PSの灰化処理に伴うインベントリデータは、安藤ほか⁹⁾を用いた。

3. 結果

調査した家庭紙工場では、20tの古紙から16tの製品を生産している。全製品の62.5%をトイレットペーパーが占め、残りをそれ以外（主にちり紙）の製品が占めている。本研究では、この割合で工場内のエネルギーと排水処理に用いる薬品等の配分を行っている。また、一日あたりのトイレットペーパーの生産量は12.5 tの古紙から10tの製品を製造している。一日あたりのトイレットペーパーの生産個数は33325個であることから、古紙1 tから生産されるト

イレットペーパーの数は、2666個とした。

この工場では、生産段階において地下水を一日あたり3000m³使用する。揚水は電動ポンプによるが、その使用電力量は、工場の使用電力に合算されている。本研究では、地下水使用に伴うその他の環境負荷については考慮していない。また、工場における排水処理後の排水は、富士地域の製紙工場向けに設置されている共同排水路（岳南排水路）から海洋放流されている。本研究では、岳南排水路の建設、維持管理に関する環境負荷については、考慮していない。

試算に用いたCO₂排出原単位を表1に示した。

3. 1 原材料生産段階

PCR附属書Eの「6. 国内古紙原料」の条件から、「家庭や事業所からの回収」では、古紙1 tあたり1085kg-CO₂eqが計上されている。

古紙ヤードでの環境負荷については、調査に協力してくれた東京都内の古紙ヤードでの1次データを使用した。これによると、「古紙ヤードでの軽油使用」から1.20kg-CO₂eq、

表1 静岡県産家庭紙のCO₂排出量の計算に用いたCO₂排出原単位

ライフサイクル段階	一次データ	二次データ出典	備考
原材料生産段階	エネルギー	軽油	2.79kg-CO ₂ eq/L
		LPG	3.47kg-CO ₂ eq/kg
		電力	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 0.48kg-CO ₂ eq/kWh
		水道水	0.21kg-CO ₂ eq/m ³
		都市ガス 13A	3.47kg-CO ₂ eq/Nm ³
	輸送 (PCR 附属書 E)	CFP 共通原単位 ⁶⁾	燃料法
生産段階	エネルギー	LNG	3.21kg-CO ₂ eq/kg
		電力	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 0.48kg-CO ₂ eq/kWh
		工業用水	0.105kg-CO ₂ eq/m ³
	梱包・商品化資材	LDPE 製造	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 1.43kgCO ₂ eq/kg
ダンボール		味の素 ⁷⁾ 0.367kg-CO ₂ eq/m ²	
流通・販売段階	流通 (PCR 附属書 J)	県間輸送	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 222g-CO ₂ eq/tkm
	販売 (PCR 附属書 M)	店舗販売(常温)	PCR 附属書 M 0.556g-CO ₂ eq/円
使用・維持管理段階			
廃棄・リサイクル段階	一般ごみ処理	包装プラ燃焼	式量計算より* 3.14g-CO ₂ eq/g
		焼却以外	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 0.0456g-CO ₂ eq/g
	排水処理	硫酸アルミ(AS)	味の素 ⁷⁾ 0.212kg-CO ₂ eq/kg
		ポリ塩化アルミ(PAC)	味の素 ⁷⁾ 0.409kg-CO ₂ eq/kg
	PSの輸送 (PCR 附属書 J)	市内輸送	CFP 共通原単位 ⁶⁾ 174g-CO ₂ eq/tkm

*: C₂H₄+3O₂→2CO₂+2H₂O

「古紙ヤードでの電力使用」から4.10kg-CO₂eq、「古紙ヤードでの水道水使用」から0.02kg-CO₂eq、「古紙ヤードでのプロパン使用」から1.90kg-CO₂eq、「事務所での都市ガス使用」から0.01kg-CO₂eqとなった。この古紙ヤードから調査した工場までの古紙輸送では、積載率50%の15tトラックで往復300kmを輸送するとした場合、古紙1 tあたりに換算したCO₂排出量は44.40kg-CO₂eqとなった。

以上より、原材料生産段階では、古紙1 tあたり62.49 kg-CO₂eq/tのCO₂排出量となり、1パック（6個）あたりでは140.63g-CO₂eq/パックとなった。

3. 2 生産段階

工場での1日あたりのCO₂排出量として、LNGの使用から5506.76kg-CO₂eq、電力使用から4129.79kg-CO₂、工業用水の使用から1641kg-CO₂eq となった。梱包・商品化資材として、1パックあたりのLDPE製の包装資材の製造から16.87g-CO₂eq/パック、ダンボールは10パックを梱包することから69.73g-CO₂eq/パックとなった。

以上より、生産段階では1824.57g-CO₂eq/パックの排出となった。

3. 3 流通・販売段階

流通は、PCR附属書Jの「1. 輸送距離」の「(ウ) 県間輸送の可能性のある輸送の場合」の条件から、積載率50%の4tトラックで500kmを輸送するとした。この場合、約2t分に相当する1040パックを、軽油を燃料として輸送するとし、106.73g-CO₂eq/パックの排出となった。販売は、PCR附属書Mの「店舗販売（常温販売）」の原単位を用いた。聞き取り調査によると、対象とした製品1パックの販売価格は400円であることから、222.40g-CO₂eq/パックの排出となった。

以上より、流通・販売段階では329.13g-CO₂eq/パックの排出となった。

3. 4 廃棄・リサイクル段階

質量11.8gのLDPE製の包装材を一般ごみとして処理するとし、この燃焼により37.05g-CO₂eq/パックの排出となり、燃焼以外の回収等から0.54g-CO₂eq/パックの排出、さらに発生した生PSを処理工場まで10km、10 tトラックにて積載率50%（5 t分の生PS）で輸送するとして、0.35g-CO₂eq/パックの排出となった。

排水処理では、工場全体の1日あたりの硫酸アルミニウム（AS）の使用量が13kgなので、その62.5%に相当する8kg分を使用するとし、1.70kg-CO₂eq/日の排出となった。加えて、8%のポリ塩化アルミニウム（Poli Aluminium Chloride: PAC）液を1m³程度使用することから、比重1としてその62.5%に相当する50kgを使用するとし、20.45kg-CO₂eq/日の排出となった。これらの合計から、3.99g-CO₂eq/パックの排出と

なった。

調査した工場では、PSの発生量が1日あたり9.1 t、平均含水率52.4%、灰分率27.5%¹⁰⁾である。

集められたPSは、外熱式のロータリーキルン型炭化炉で、炭化温度700℃～800℃、約40分間の滞留時間で炭化処理される。この炭化処理にともない69.30g-CO₂eq/パックの排出となった。発生したPS焼却灰は、管理型最終処分場に埋め立てられるとし、この処理にともない1.34g-CO₂eq/パックの排出となった。

以上より、廃棄・リサイクル段階では112.57g-CO₂eq/パックの排出となった。

3. 5 静岡県産衛生紙のCFP

静岡県産衛生紙のCO₂排出量の試算結果は、1パックあたり2406.90g-CO₂eq/パックとなった（表2）。トイレットロール1個あたりでは、包装・梱包資材を含めて401.15g-CO₂eq/個となった。試算結果に基づくCO₂排出割合を図2に示した。CO₂排出量の段階毎の内訳は、原材料調達段階で140.63g-CO₂eq/パック（構成比5.8%）、生産段階で1824.57g-CO₂eq/パック（75.8%）、流通・販売段階で329.13g-CO₂eq/パック（13.7%）、廃棄・リサイクル段階で112.57g-CO₂eq/パック（4.7%）となった。

4. 考察

4. 1 静岡県産衛生紙のCFP試算結果の特徴と削減対策、機能単位の検討

静岡県産衛生紙のライフサイクルCO₂排出量では、生産段階からのCO₂排出割合が最も高く、特に工場のエネルギー使用に伴うCO₂排出割合が全体の74.8%に達した。このためCO₂排出量を削減するには、生産段階での省エネの推進や原単位の低い再生可能エネルギーの導入など、エネルギー由来のCO₂排出量の削減対策を行うことが効果的と考えられる。

表2 静岡県産衛生紙のライフサイクル CO₂ 排出量

段階	g-CO ₂ eq/kg	比率(%)
①原材料調達段階	140.63	5.8
②生産段階	1824.57	75.8
（エネルギー由来）	(1735.01)	(72.1)
（梱包・包装由来）	(89.56)	(3.7)
③流通・販売段階	329.13	13.7
（流通プロセス）	(106.73)	(4.4)
（店頭販売プロセス）	(222.40)	(9.2)
④使用・維持管理段階		
⑤廃棄・リサイクル段階	112.57	4.7
合計	2406.90	100

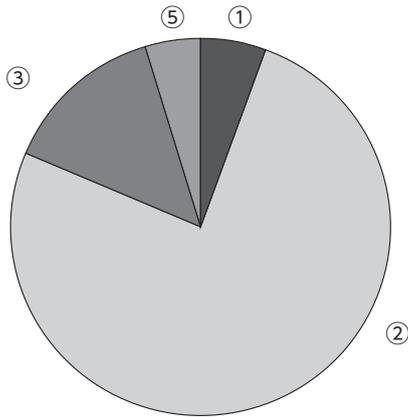


図2 調査したパック製品のCFP試算結果に基づいた各段階の排出割合。

①：原料調達段階、②：生産段階、③：流通・販売段階、⑤：廃棄・リサイクル段階

仮に、グリーン電力証書等の方法を用いて、千葉県銚子市の風力発電の電力原単位（10.8g-CO₂eq/kWh）¹⁴⁾を導入したとすると、導入前に一日当たり電力のみのCO₂排出量で4129.8kg-CO₂eq/dであったのに対して、導入後では92.2kg-CO₂eq/dとなり、導入前の2.2%に削減された。その結果、生産段階のCO₂排出量は1011.01-CO₂eq/パックとなり、CFPは1679.95g-CO₂eq/パックとなった。これは、導入前の69.8%に相当する。

本研究で検討したトイレトペーパーは、芯なしタイプのシングル、130m巻である。通常は、シングルは60m巻、ダブルは30m巻が一般的であることを考慮すると、ほぼ2個分の紙量に相当する。このため、トイレトペーパーのCFPの算出においては、機能単位を製品1パックあたりとするよりも、単位長さあたりとしても良いのかもしれない。本研究において、通常の電力原単位を使用した場合、機能単位を単位長さあたりとすると3.08g-CO₂eq/mとなる。

4.2 CFP計算上の問題点とPCRの課題

桂¹²⁾は、上質紙のLCA結果から、インベントリ分析におけるいくつかの課題を示した。具体的には、①バイオマス由来のCO₂と化石燃料由来のCO₂を分けて考える必要があること、②ボイラに使われる蒸気の配分ルールを決める必要があること、③古紙のリサイクルを考慮した環境負荷の配分が必要であること、④製紙用薬品のインベントリデータの不足、等をあげている。以下、①、③、④について検討する。

①については、一般的に古紙回収以後の衛生紙の製造過程では、黒液等のバイオマス燃料を多量に使用することはないと考えられるので、衛生紙のCFPの試算においては、本研究で示したように化石燃料由来のCO₂のみを考慮すれ

ば良いと思われる。

③については、原料古紙の一定割合を上級印刷紙などとして、環境負荷を計上する必要があると考えられる。仮に、2011年の古紙利用率¹³⁾（63%）を参考として、CO₂排出量の計算を試みることにする。この場合、原料の37%を上級印刷紙（原単位=1470kg-CO₂eq/t）とすると、調査した工場では一日あたり6.80t-CO₂eq（12.5×0.37×1.47）のCO₂の排出となり、製品では1224.3g-CO₂eq/パック（(6800/33325)×6）の排出となった。この値を加えてCFPを再計算すると、3544.6g-CO₂eq/パックとなり、従来の約1.5倍となった。このうちの原料古紙に由来するCO₂排出量は、34.5%（1224.3/3544.6）に達した。これは、極めて大きな環境負荷となることから、どの程度まで原料古紙の環境負荷を考慮するのか、今後のPCRで検討する必要があると思われる。

④については、本研究においても、製紙用薬品の中で、特に各種排水処理剤製品の原単位の入手が困難であった。調査した工場の排水処理では、硫酸バンド、ポリアクリルアミド系の高分子凝集剤（PAM）、およびPACを使用する。このうち、PAMの原単位が不明であったことから、本研究ではその分の環境負荷の計算を行っていない。各種排水処理剤は、製造業者により様々な製品名がつけられ、成分も多様な場合が多い。薬品製造メーカーにおいては、企業秘密、あるいは製品個別の原単位を把握していない等の理由から、製品の原単位の入手が困難な場合が多い。パブリックデータベースの整備と平行して、製造メーカーによる製紙用薬品のインベントリ分析が行われることを期待したい。

4.3 PSの処理法を考慮した配分の必要性

第1報では、いくつかの具体的なPSの処理法を想定したPCRを作る必要を指摘した。

本研究でも、同様な条件でPSを灰化処理すると仮定して試算してみることとする。灰化処理では、自然式流動床炉で、炉頂温度950℃の焼成条件で灰化される。この灰化処理にともない21.03g-CO₂eq/パックの排出となる。発生したPS焼却灰は、管理型最終処分場に埋め立てられるとすると、1.34g-CO₂eq/パックの排出が見込まれる。よって合計では22.37g-CO₂eq/パックのCO₂排出となった。

本研究で検討した炭化処理では、外熱式のロータリーキルン型炭化炉で、炭化温度700℃～800℃、約40分間の滞留時間で炭化処理され、この炭化処理にともない69.30g-CO₂eq/パックの排出となった。発生したPS焼却灰は、管理型最終処分場に埋め立てられるとし、この処理にともない1.34g-CO₂eq/パックの排出を計上し、合計では70.64g-CO₂eq/パックとなった。

両者を比較すると、灰化処理は炭化処理の1/5以下のCO₂排出量となった。しかし、灰化処理では、PSに含まれるカ

ルサイトの分解に伴うCO₂排出量も考慮する必要がある。これまでの研究から、乾燥PS (DPS) 1tあたりに含まれるカルサイトの分解と灰化にともなうエネルギー使用からのCO₂排出量は150.6kg-CO₂eq/tであることが明らかとなっている¹⁴⁾。調査した工場では、2.67t-DPS/日の発生があるので、402.1kg-CO₂eq/日 (2.67×150.6) のカルサイトの分解起源のCO₂排出となり、製品では72.4g-CO₂eq/パック (402.1/33325) ×6) の排出となった。この値を加えると、灰化処理では94.77g-CO₂eq/パック (22.37+72.4) の排出となった。この値は、炭化処理の1.34倍に相当する。つまり、カルサイトの分解を考慮する場合としない場合では、結果が大きく異なることになる。

炭化処理と灰化処理によって排出される灰の最も大きな違いは、処理物に炭素が固定されているかどうかである。炭化PS (CPS) は、含まれている炭素を用いて、製鉄の還元剤等にリサイクルされている。よって、CPSの配分も考慮されるべきであるが、現状では考慮されていない。仮に、この炭素を石炭等の化石燃料の代替として計上した場合には、CPSの環境負荷は低減されると考えられる。

以上より、単純なエネルギーの使用量だけのインベントリ分析結果と、処理物に固定されたCO₂も考慮した計算結果とでは、CO₂排出量が大きく異なることが示された。また、CPSのリサイクルを考慮するかどうかでも、原単位が大きく異なることが予想される。このため、いくつかの具体的なPSの処理法を想定したPCRを作る必要がある。

5. まとめ

本研究では、第1報に引き続いて、再生紙トイレットペーパー6個パック製品について、CFPの再計算を行った。再計算にあたっては、調査した工場で生産しているトイレットペーパー以外の製品の生産割合も考慮し、可能な限り1次データを使用し、それ以外についてはカーボンフットプリント制度商品種別算定基準 (PCR) 「紙・板紙」 (PPR-025) に則って計算した。

その結果、2406.9g-CO₂eq/パックとの結果が得られた。トイレットペーパー1個あたりでは、包装・梱包資材を含めて401.15g-CO₂eq/個となった。CO₂排出量の段階毎の内訳は、原材料調達段階で1406.3g-CO₂eq/パック (構成比58%)、生産段階で1824.57g-CO₂eq/パック (75.8%)、流通・販売段階で329.13g-CO₂eq/パック (13.7%)、廃棄・リサイクル段階で112.57g-CO₂eq/パック (4.7%) となった。

CFPを削減するには、CO₂排出割合が高い生産段階において、省エネの推進や原単位の低い再生可能エネルギーの導入など、エネルギー由来のCO₂排出量の削減対策を行うことが効果的であると考えられる。例えば、風力発電等のグリーン電力証書等により、発電原単位の少ない電力の導入などが考えられる。また、CFPの計算にあたっては、原料古紙のリサイクルを考慮した環境負荷の配分が必

要であること、各種排水処理剤の原単位を整備する必要があること、さらにはPSの具体的な処理法を想定したPCRを作る必要があること等の課題が明らかとなった。

謝辞

丸金紙製 (株) の鈴木基之会長には、貴重なご助言とご支援を頂いた。また、静岡県富士工業技術支援センターの深沢博之氏、齊藤将人氏には、富士市での調査の際にご協力頂いた。

引用文献

- 1) 稲葉敦：食品研究会講演会－カーボンフットプリント－講演集、日本LCA学会、東京、7-20 (2008)
- 2) 桂 徹、庭田博章、中澤克仁、片山恵一、坂村博康、安井至 (2000)：紙パ技協誌、54(8)、1108-1115
- 3) 中澤克仁、片山恵一、桂 徹、坂村博康、安井至 (2001)：紙パ技協誌、55(6)、838-851
- 4) 桂 徹 (2001)：紙パ技協誌、55(7)、960-966
- 5) 中澤克仁、本田智則、桂 徹、片山恵一、山本良一、安井至 (2003)：紙パ技協誌、57(8)、1212-1221
- 6) 中澤克仁、山田耕平、桂 徹、庭田博章、片山恵一、安井至 (2003)：紙パ技協誌、57(10)、1537-1549
- 7) カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベース (暫定版) ver. 3.0, Carbon Footprint of Products ホームページ、入手先 <<http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/pdf/kokai-co2kasanryou-db20110331.pdf>>, (参照2011-4-20)
- 8) 味の素株式会社、味の素グループ版食品関連材料CO₂排出係数データベース、味の素株式会社ホームページ、入手先 <<http://www.ajinomoto.co.jp/activity/kankyoo/pdf/2007/lcco2.pdf>>, (参照2009-12-9)
- 9) 安藤生大、日吉公男、嶋田修治、松枝直人、逸見彰男 (2010)：紙パ技協誌、64(8)、940-954
- 10) 安藤生大 (2008)：太陽エネルギー、34(3)、67-73
- 11) 安藤生大、長井浩、久保典男、武藤厚俊、小林謙介、田原聖隆、稲葉敦 (2009)：日本LCA学会誌、5(2)、237-243
- 12) 桂 徹 (2001)：紙パ技協誌、55(10)、1366-1373
- 13) 製紙連合会ホームページ、入手先 <<http://www.jpa.gr.jp/states/used-paper/index.html>>, (参照2012-10-2)
- 14) 安藤生大、日吉公男、嶋田修治、松枝直人、逸見彰男 (2010)：紙パ技協誌、64(8)、940-954