

静岡県産衛生紙のCFR カーボンフットプリント の試算

Estimating of the Carbon Footprint of sanitary paper from Shizuoka prefecture

安藤 生大

Takao ANDO

製紙産業の盛んな静岡県富士市で生産された、再生紙トイレットペーパー 6個パック製品について、カーボンフットプリント (CFP) の試算を行った。試算にあたっては、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) に則って試算し、2160.65g-CO₂eq/パックとの結果を得た。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 360.11g-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 434.21g-CO₂eq/パック (構成比 20.1%)、生産段階で 1338.65g-CO₂eq/パック (62.0%)、流通・販売段階で 329.13g-CO₂eq/パック (15.2%)、廃棄・リサイクル段階で 58.66g-CO₂eq/パック (2.7%) 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。また、CFPの計算にあたっては、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 (Paper Sludge) 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⁾。製品へのCFPの表示は、これまで直接的に意識することが難しかった日常生活からのCO₂排出を、具体的に「見える化」するための有効な手法²⁾として期待されている。生産者にとって、CFPを製品に表示することは、温暖化対策を消費者にアピールするための有効な環境コミュニケーション手法となりえる。消費者にとっては、CFPを参考に商品選択することで、CO₂排出量を自覚した「持続可能な消費行動」が可能となる。これは環境意識の高い事業者を選別することにつながり、結果として低炭素社会の実現にむけた誘導効果が期待できる。また、CFPの算定のためのCO₂排出量の正確な測定は、カーボンオフセット (炭素の相殺)³⁾の普及にも

貢献すると考えられている。また、CFPの意味が正確に理解個人の消費行動に代表される日常生活とグローバルな地球環境問題との「つながりの断絶 (ミッシング・リンク⁴⁾)」を再生させる環境教育上の効果も期待できる⁵⁾。

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⁶⁾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⁷⁾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⁸⁾が木材、非木材、古紙パルプのLCA評価を行った。ここでは、木材パルプを代替、補完する場合、資源有効利用の観点からは古紙パルプが、農産廃棄物利用の観点からは非木材パルプが優れていることが示された。その後、この木材、非木材、古紙パルプについてのLCA評価結果を用いて、具体的に上質紙⁹⁾や、環境報告書用紙¹⁰⁾に適用した研究が行われた。

本研究では、具体的な製品として再生紙トイレットペーパーを取り上げ、CFPの試算を行った。試算にあたっては、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、以後PCR) 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。

連絡先：安藤生大 tando@cis.ac.jp
千葉科学大学危機管理学部動物・環境システム学科
Department of Animal and Environmental System
Science, Faculty of Risk and Crisis Management,
Chiba Institute of Science
(2011年10月3日受付, 2011年??月??日受理)

2. 方法

2.1 評価対象と算定範囲

調査した家庭紙工場は、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330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、原料調達段階、生産段階、流通・販売段階、使用・維持管理段階、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 4.4の記載に従いGHG（Green House Gas）排出をゼロとみなした。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 4.5.1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立に伴う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。ダンボール等の中間包装材に関する環境負荷は、リサイクル処理・再商品化に関わる環境負荷を含むことから、重複換算になる可能性があるため計上しない。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（Low-Density Polyethylene）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 = （活動量 × CO₂排出原単位）：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。

2.3 インベントリデータの収集方法

一次データは、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¹¹⁾、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¹²⁾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¹³⁾を用いた。

3. 結果

使用・維持管理段階のPCRの記載には、「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GHG排出量を考慮しない。試算に用いたCO₂排出原単位は、表1に示した。古紙1tから生産されるトイレットペーパーの数は、2815個とした。同工場での一日あたりのトイレットペーパーの生産数は53500個であり、ここから8900パックの製品を生産するとした。

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、古紙1tあたり換算したCO₂排出量として、「家庭や事業所からの回収」から10.85kg-CO₂、「古紙ヤードでのガソリン使用」から3.07kg-CO₂、「古紙ヤードでの軽油

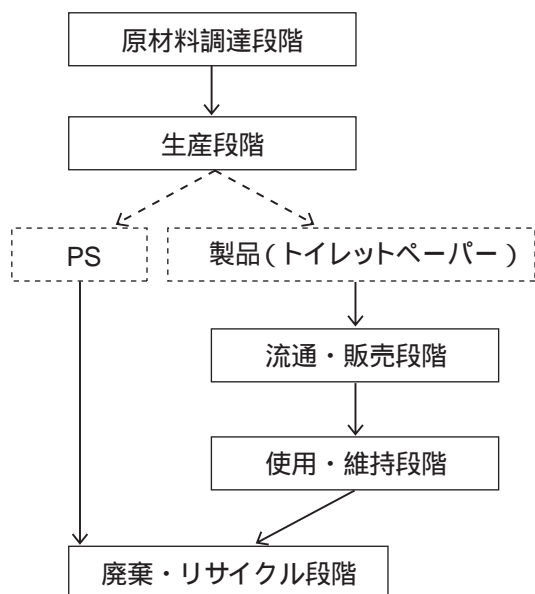


図1 家庭紙のライフサイクルステージと投入されるエネルギーと消耗品の概要

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

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 (PCR附属書E)	軽油	2.79 kg-CO ₂ eq/L
		ガソリン	2.69 kg-CO ₂ eq/L
		電力	0.48 kg-CO ₂ eq/kWh
	輸送 (PCR附属書E)	CFP共通原単位 ¹¹⁾	燃料法
生産段階	エネルギー	LNG	3.21 kg-CO ₂ eq/Nm ³
		電力	CFP共通原単位 ¹¹⁾ 上記に同じ
		工業用水	0.105 kg-CO ₂ eq/m ³
流通・販売段階	梱包・商品化資材	LDPE製造	CFP共通原単位 ¹¹⁾ 1.43 kgCO ₂ eq/kg
		ダンボール	味の素 ¹²⁾ 0.367 kg-CO ₂ eq/m ²
		流通 (PCR附属書J)	県間輸送 CFP共通原単位 ¹¹⁾ 222 g-CO ₂ eq/tkm
	販売 (PCR附属書M)	店舗販売(常温)	PCR附属書M 0.556 g-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* 3.14 g-CO ₂ eq/g
		焼却以外	CFP共通原単位 ¹¹⁾ 0.0456 g-CO ₂ eq/g
	排水処理	硫酸アルミ(AS)	味の素 ¹²⁾ 0.212 kg-CO ₂ eq/kg
		ポリ塩化アルミ(PAC)	味の素 ¹²⁾ 0.409 kg-CO ₂ eq/kg
	PSの輸送 (PCR附属書J)	市内輸送	CFP共通原単位 ¹¹⁾ 174 g-CO ₂ eq/tkm

*: C₂H₄+3O₂→2CO₂+2H₂O

使用」から0.27kg-CO₂、「古紙ヤードでの電力使用」から62.28kg-CO₂、「古紙ヤードでの水道水使用」にともなう軽油使用から63.05kg-CO₂となった。調査した工場のききとり調査からは、東京都八王子市にある古紙問屋から静岡県富士市まで輸送していることから、積載率50%の15トラックで往復400kmを輸送するとした場合、59.2kg-CO₂の排出となった。

以上より、原材料生産段階では、古紙1tあたり203.72kg-CO₂/tのCO₂排出量となり、1パック(6個)あたり434.21g-CO₂/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(Liquid Natural Gas)の使用から4654.50kg-CO₂、電力の使用から6607.66kg-CO₂、工業用水の使用から26.25kg-CO₂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-CO₂/パック、ダンボールは10/パックを梱包することから55.78g-CO₂/パックとなった。

以上より、生産段階では1338.65g-CO₂/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4トラックで500kmを輸送するとした。この場合、約2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-CO₂/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-CO₂/パックの排出となった。

以上より、流通・販売段階では1352.59 g-CO₂/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-CO₂/パックの排出となり、燃焼以外の回収等から0.54g-CO₂/パックの排出となった。

排水処理では、硫酸アルミニウム（硫酸バンド、Aluminum Sulfate:AS）を1日あたり26kg使用するとし、5.51kg-CO₂の排出となった。加えて、ポリ塩化アルミ（Poly Aluminum Chloride: PAC）を1日あたり80kg使用するとし、32.72kg-CO₂の排出となった。これらの合計から、4.29g-CO₂/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9.1t、平均含水率52.4%、灰分率27.5%¹⁴⁾である。発生したPSの輸送は、PCR附属書Jの「1.輸送距離」の「(ア)市内もしくは近隣市間に閉じることが確実な輸送の場合」の条件を用い、積載率50%の10トラックで50km輸送するとした。これにより、1.77g-CO₂/パックの排出となった。集められたPSは、自然式流動床炉で、炉頂温度950℃の焼成条件で灰化処理されるとした。この灰化処理にともない14.67g-CO₂/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0.34g-CO₂/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58.66g-CO₂/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2160.65g-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360.11g-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434.21g-CO₂eq/パック（構成比20.1%）、生産段階で1338.65g-CO₂eq/パック（62.0%）、流通・販売段階で329.13g-CO₂eq/パック（15.2%）、廃棄・リサイクル段階で58.66g-CO₂eq/パック（2.7%）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

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58.6%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

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(%)
原材料調達段階	434.21	20.1
生産段階 (エネルギー由来)	1338.65 (1265.99)	62.0 (58.6)
(梱包・包装由来)	(72.66)	(3.4)
流通・販売段階 (流通プロセス)	329.13 (106.73)	15.2 (4.9)
(店頭販売プロセス)	(222.40)	(10.3)
使用・維持管理段階		
廃棄・リサイクル段階	58.66	2.7
合計	2160.65	100

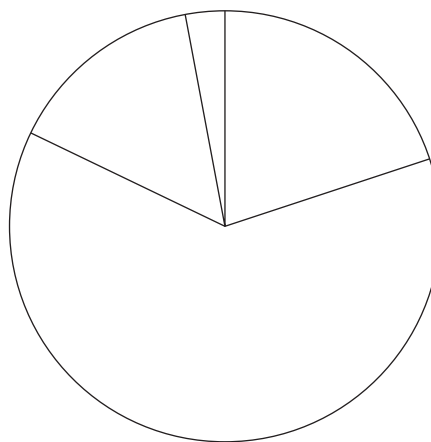


図2 調査したパック製品のCFP試算結果に基づいた各段階の排出割合。

：原料調達段階、：生産段階、：流通・販売段階、：廃棄・リサイクル段階

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。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-CO₂/kWh）を導入したとすると、導入前に一日あたり6607.7kg-CO₂/dの排出量であるのに対して、導入後では150.2kg-CO₂/dとなり、導入前の2.3%に削減された。その結果、生産段階のCO₂排出量は614.44g-CO₂eq/パックとなり、CFPIは1436.45g-CO₂eq/パックとなった。これは、導入前の66.5%に相当する。

また、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。工場における排水処理後の排水は、この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付加については、考慮していない。

4.2 CFR計算上の問題点とPCRの課題

4.2.1 製紙用薬品のインベントリデータの不足

桂¹⁵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、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、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、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、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。

本研究のCFRの試算では、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。聞き取り調査からは、調査した工場の排水処理において、1日あたり、硫酸バンドを13kg程度、ポリアクリルアミド系の高分子凝集剤を13kg程度、8%のポリ塩化アルミニウム液を1m³程度使用する。本研究では、ポリアクリルアミド系の高分子凝集剤の原単位が不明であったことから、その13kg分を単純に硫酸バンド（入力項目：硫酸アルミニウム）と一括して計算した。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。

4.2.2 PSのリサイクルを考慮した環境負荷の配分の必要性

廃棄・リサイクル段階のCO₂排出量の計算では、含水率62%のPSを回収し、流動床炉にて灰化処理し、発生したPS焼却灰（Ashed PS: APS）を、管理型最終処分場に埋め立てるとした。調査したAPSを製造する協同処理組合では、26社から排出されたPSを灰化処理しており、年間稼働日数は328日である。湿潤状態のPSでの処理量は平均で530t/日に達し、約100t/日のAPSを生産している。流動床炉でのエネルギーは、おもに圧縮空気を製造するコンプレッサー用の電源として、一日あたりの平均で20,777kWhの

電力を消費する。これに伴い8.8 t-CO₂が排出される。よって、湿潤状態のPS（Wet PS: WPS）1あたり、16.6kg-CO₂/tWPSの排出となった。

これ以外のPSの処理法として、炭化処理がある。調査した協同処理組合では、11社から排出されたPSを炭化処理し、炭化PS（Carbonized PS: CPS）を製造している。この工場の年間稼働日数は340日であり、湿潤状態での処理量は平均で210t/dであり、CPSを約45t/d生産する。炭化処理は、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分の滞留時間で行われた。このとき、ロータリーキルンの助燃用燃料として、一日あたりの平均で2,800m³/dの天然ガスを使用する。加えて、排ガス処理を目的とした二次燃焼のために2,700m³/dの天然ガスを使用する。さらに、電力を1,016kWh/d消費する。これらのエネルギー消費に伴い12.5 t-CO₂が排出された。よって、59.5kg-CO₂/tWPSとなる。

単純に灰化処理と炭化処理のエネルギー使用に伴うWPS1あたりのCO₂排出量を比較すると、炭化処理では灰化処理の3.6倍のCO₂排出となる。しかし、PSを構成する炭酸カルシウムに固定されたCO₂は、灰化処理では放出されるが、炭化処理では分解されずに残ることが明らかとなっている。乾燥したPS（Dried PS: DPS）に含まれるカルサイトの質量は、約50%程度に達することから、炭化処理に伴うカルサイトのCO₂固定量を考慮すると、炭化処理の方が灰化処理に比べて214.0kg-CO₂/t(DPS)のCO₂排出削減となることが明らかとなっている。

以上より、単純なエネルギーの使用量のためのインベントリ分析結果と、処理物に固定されたCO₂も考慮した場合は、原単位が大きく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。

4.3 環境教育への利用可能性

2002年に開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議」（ヨハネスブルクサミット）の実施計画の議論において、わが国は「持続発展教育の10年（Decade of Education for Sustainable Development: DESD）」を提案し、実施計画に盛り込まれた。これを踏まえて、わが国は、2002年の第57回国連総会に、2005年からの10年間をDESDとする決議案を提案し、満場一致で採択された。ESD（Education for Sustainable Development）の目標は、（1）持続可能な発展のために求められる原則、価値観及び行動が、あらゆる教育や学びの場にとりこまれること、（2）すべての人が質の高い教育の恩恵を享受すること、（3）環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような価値観と行

動の変革をもたらすこと、とされている。つまり、ESDは、「持続可能な社会を実現するための担い手をつくるために、環境、経済、社会の各側面から総合的に問題を把握し、他人や、社会や、自然環境との関係性を認識し、「かわり」や「つながり」を尊重できる個人を育む教育」と考えることができる。

DESDの期間の半分が経過し、上記の理念は国内の教育現場で少しずつ広がり、理解されつつある。しかし、この理念を教育実践の場で具現化させようとした場合、その教育・学習の必然性が学習者に明確に理解される適切なテーマが必要である¹⁶⁾。このため、環境、経済、社会のそれぞれに関係し、ESDの理念を実現するのに必要十分な具体的なテーマの提案と教材開発が求められている。

本論で提案した家庭紙のCFPの計算は、その計算過程を理解することで、製品を生み出した地域の自然環境の理解（環境側面） 価格と機能だけでなくLC-CO₂を重視した持続可能な消費行動の理解（経済側面） その結果として 循環型で低炭素な社会の必要性の理解（社会側面）を促すことができる。また、製品のLC-CO₂の意味が理解できると、その製品を消費し、使用する日常生活における環境負荷とグローバルな地球環境問題をCO₂排出の観点で「つなげる」ことができる。この「つながり」が理解できると、持続可能な消費行動や、省エネ、ごみ排出の抑制などの具体的な環境配慮行動の意識付けを比較的簡単に行うことができる。そのための具体的な教材として、製品のCFPの計算とその意味を理解することは、極めて有効な教育ツールになり得ると考えられる。

5. まとめ

本研究では、静岡県で生産された再生紙トイレットペーパーの6個パック製品を取り上げ、そのCFPの試算を行った。試算にあたっては、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」（PCR-025、以後PCR）に則って試算し、2160.65g-CO₂eq/パックとの結果を得た。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360.11g-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434.21g-CO₂eq/パック（構成比20.1%） 生産段階で1338.65g-CO₂eq/パック（62.0%） 流通・販売段階で329.13g-CO₂eq/パック（15.2%） 廃棄・リサイクル段階で58.66g-CO₂eq/パック（2.7%）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。また、CFPの計算にあたっては、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。

引用文献

- 1) 稲葉敦（2008）：日本LCA学会 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
- 2) 稲葉敦（2009）：日経エコロジー別冊 エコプロダクトガイド2009 2008年12月8日発行, 日経BP社, 東京, 12-15
- 3) 國田かおる（2008）：カーボン・オフセット - 自分の出したCO₂に責任を持つしくみ 工業調査会 東京, 2-5
- 4) 本藤祐樹, 平山世志衣, 中島光太, 山田俊介, 福原一朗（2008）：日本LCA学会誌, 4(3), 279-291
- 5) 安藤生大（2009）：日本LCA学会誌, 5(3), 382-392
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 桂 徹（2001）：紙パ技協誌, 55(7), 960-966
- 9) 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
- 10) 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
- 11)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)
- 12) 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/kankyo/pdf/2007/lcco2.pdf> >, (参照2009-12-9)
- 13)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
- 14)安藤生大（2008）：太陽エネルギー, 34(3), 67-73
- 15)桂 徹（2001）：紙パ技協誌, 55(10), 1366-1373
- 16) 永田佳之, 吉田敦彦（2008）：持続可能な教育と文化 せせらぎ出版, 大阪, 149