

【論文記号：B-3b/グロス版】

セルロース系包装材料としてのバガスパルプの LCI 評価

(初出：2009.10／開示：2023.07)

NPO 法人 非木材グリーン協会

中島庸佑・守屋浩・門屋卓

東京都中央区日本橋蛸殻町 1-32-9 深山ビル 302

電話：03-5643-5628、ファックス：03-5643-5638

E-Mail: info@himokuzai.org

<https://www.himokuzai.org/>

報文

紙系包装材料としてのバガスパルプの LCI 評価

NPO 法人 非木材グリーン協会
中島庸佑、守屋 浩、門屋 卓

要旨

セルロース繊維（紙）系包装材料という観点から 2 つの製紙原料、すなわちバガスパルプとユーカリパルプの LCI 評価を行なった。

バガスは熱帯および亜熱帯地域で栽培されたサトウキビから砂糖を採取した後の残渣で、地球温暖化に対応した 21 世紀のセルロース繊維系資源として注目されている。2003 年にタイで、製糖工場に隣接して 10 万 BDmt/年のバガスパルプ工場が生産を開始し、さらにバガスパルプを用いた食品用パルプモールド工場などが稼動し、わが国にも輸出されている。一方、以前より輸入製紙原料の一つとして、西オーストラリアで植林されているユーカリ材をチップ状にしてわが国が輸入し、製紙用パルプとして大量に用いられている。

これらの製紙原料などが最近のカーボンフットプリントという観点でどのくらい相違があるかについて LCI 評価を行なった。

両者のパルプ生産量を 10 万 BDmt/年とし、これらの生育に必要な植物資源量を算定し、この生態系が吸収・放出する CO₂ を算出、さらにこれをパルプ工場へ搬送するための CO₂、パルプ製造工程で排出する CO₂、現地より日本に資材を輸送した場合の CO₂ などについて 5 段階の条件を設定し、調査を行った結果を分析し、LCI の資料を作成した。

その結果、CO₂ 放出量はバガスパルプでは 168,000t-CO₂/年に対し、ユーカリパルプでは 185,000 t-CO₂/年となった。また、CO₂ 吸収量はバガスパルプでは 1,283,000t-CO₂/年に対しユーカリパルプでは 295,000t-CO₂/年となった。

今後、各種容器・包装のカーボンフットプリントを求めるにあたって、主要な包装材料であるセルロース繊維系材料の CO₂ 吸収・放出量を把握することが必要になってくる。本報告はこのような背景をふまえて解析した結果について報告している。

キーワード： LCI、バガスパルプ、ユーカリパルプ、包装材料、栽培、加工、輸送、CO₂、カーボンフットプリント

* (連絡先)

* NPO 法人非木材グリーン協会 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-32-9
深山ビル 302 TEL, 03-5643-5628 FAX, 03-5643-5638
e-mail: info@himokuzai.org

概要

本稿では、バガスパルプとユーカリパルプの 2 種類の原料を用いた LCI（ライフサイクルインベントリ）評価について述べます。

バガスは C4 植物で、サトウキビを製糖工場で粉碎・抽出した後に残る繊維状の残渣です。サトウキビ（*Sachcarum officinarum*）は熱帯・亜熱帯で栽培されており、21 世紀の新しいセルロース系資源・バイオ燃料原料として注目されています。

バガスパルプは、タイの製糖工場に隣接する EPPCO (Environment Pulp and Paper Co. Ltd.) で年間約 10 万 BDmt 製造され、日本をはじめ、多くの紙製品の原料として輸出されています。

また、西オーストラリアのチップ工場で生産されるユーカリ（*Eucalyptus globules*）チップは、パルプ工場での紙パルプ製造のために長年日本に輸送されてきました。

近年、LCA（ライフサイクルアセスメント）の新しい概念として「カーボンフットプリント（CFP）」が注目されており、NWGPA（NPO 法人非木材グリーン協会）では、2009 年に CFP の観点からバガスパルプとユーカリパルプの LCI 評価を発表しました（参考文献 1、2）。

基本的な考え方として、各パルプ工場のパルプ生産量を公平に年間 10 万 BDmt とし、両バイオマス資源の植林（ユーカリ）と栽培（サトウキビ）による CO₂ 排出量と吸収量を算出します。

さらに、栽培（サトウキビ）、植林（ユーカリ）、原料生産、パルプ化、輸送の 5 段階の条件で、各地のパルプ生産工場から排出される CO₂ の総量を算出しました。

その結果、バガスパルプでは年間 168,000t-CO₂、ユーカリパルプでは年間 185,000t-CO₂ が、包装材として備・供給するために排出される CO₂ であることがわかりました。また、CO₂ 吸収量は、バガスパルプが 1,283,000t-CO₂/年、ユーカリパルプが 295,000t-CO₂/年でした。

キーワードは LCI、バガスパルプ、ユーカリパルプ、バイオマス資源、紙製品、栽培、植林、加工、輸送、CO₂、カーボンフットプリント

1.はじめに

生活・文化・産業の必需品である紙製品および包装材は、時代の進展とともに大量に消費され続けています。そのため、包装材を含む多くの紙製品は、持続可能なカーボンニュートラル素材であり、環境に優しいという特徴を有しています。しかし、今後の地球環境を考えた場合、紙製品の主原料を森林資源に頼らず、新たな紙資源を探索する方法が急務となります。

そこで、わら、竹、葦、ジュート、バガスなどの非木材繊維作物と呼ばれる植物が注目されています。

包装材としての非木材繊維作物については、いくつかの文献で報告されています（参考文献 3~5）。

日本でも、いくつかの文献（参考文献 3~5）が報告されています。また、2000 年以降、ユーカリチップやバガスパルプなどの輸入原料や国産古紙について、紙パルプ製造分野での LCA 評価に関する文献（参考文献 6~9）がいくつか発表されています。しかし、これらの文献にはいくつかの不確実な情報が含まれています。

現在、LCA の新しい概念であるカーボンフットプリント（CPF）が世界的に拡大しており、包装材を含む紙パルプ製品の CO₂ 吸収・放出量を算出することが求められています。

以上のような理由から、本稿では、新たな非木材資源の一つであるバガスパルプの LCI 評価について説明・情報提供することを目的とします。

バガスとは、サトウキビを精糖工場で粉碎・抽出した後に残る繊維状の残渣のことです。サトウキビ (*Saccharum officinarum*) は熱帯・亜熱帯で栽培されており、21 世紀の新しいセルロース系資源、バイオ燃料材料として注目されています。

タイの製糖工場に隣接する EPPCO (Environment Pulp and Paper Co. Ltd.) では、2003 年から年産 10 万トンのバガスパルプ工場が稼働しており、化学漂白したバガスパルプは日本をはじめ各国に輸出され、多くの紙製品に使われています。

NPO 法人非木材グリーン協会 (NWGPA) は、2005 年から EPPCO 社と協力し、バガスパルプ製造の詳細な技術データを入手することができました。

本稿では、2 種類のバイオマス資源、すなわちバガスとユーカリ資源について、それぞれ LCI 比較評価を説明・考察します。

2.タイの近代的なバガスパルプ製造工場と仕上げ工場

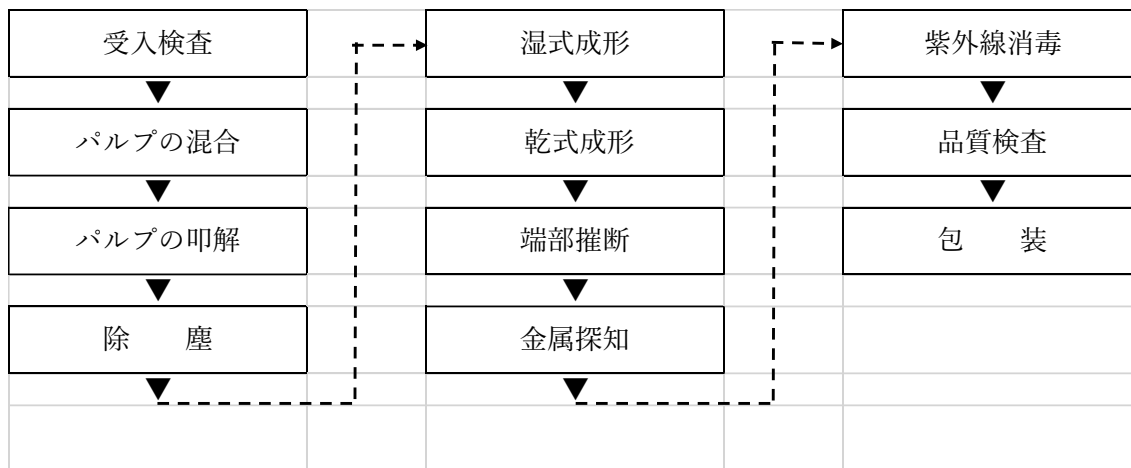
バガスとは、サトウキビを生産する際に出る残渣のことです。タイの砂糖生産量は世界第 4 位で、年間膨大な量のバガスが排出され、その多くは燃料として利用されていますが、一部は繊維資源として利用されています。製紙の大きな障害となっているのは、バガスの重量

の約 25%を占めるピス（pith：海綿状柔細胞からなる髓）含有量の多さです。

EPPCO 社は、タイの Ekalack グループの一つで、タイのナコンサワン県にある Kaset Thai 製糖工場周辺のバガスのうち、十分に脱ピス化された新鮮なバガスから作られる化学バガスパルプを提供しています。バガスパルプは、板紙、上質紙、ナプキンなどの包装材やパルプモールド、バガスパルプ 100%のプレートなどに適しています。図 1 は、2007 年に設立されたタイのチナット市にある BPECO (Biodegradable Packaging for Environment Co.Ltd.) が製造したパルプモールドの代表的な製品です。

本稿では、紙製品の原料であるバガスパルプとユーカリパルプの LCI についてのみ考察することとし、BPECO 社の詳細な情報は割愛させていただきます。

図 1. BPECO のワークフロー工程と代表的な成形パルプ製品のサンプル



3. バガスパルプとユーカリパルプの LCI 評価の実施基準

2 種類の紙パルプの LCI 評価を実施するための基準として、以下のような条件を設定しました。

- a) バガスパルプ：製糖工場から排出されるサトウキビの残渣をコンベアでバガスパルプ工場に送り、紙パルプに加工し、日本へ送って消費するケースを想定しています。
- b) ユーカリパルプ：ユーカリの木は西オーストラリアで植林され、チップとして加工されます。このユーカリのチップも日本に送られ、紙パルプに加工され消費されます。
- c) 両パルプの比較は、同じ生産規模（10 万 BDmt/年）の条件のもとで行いました。
- d) 両パルプのパルプ製造工場から放出される CO₂ の総量を、5 つのステージに分けて算出しました。それらは、栽培・植林、原料生産、パルプ化、輸送に関わる部分です。

[ステージ 0]は、タイではサトウキビの栽培、西オーストラリアではユーカリの植林の系(システム)を示します。

[ステージ 1]は、オーストラリアで原料を工場まで輸送し、サトウキビからの脱ピス化、ユーカリのチップ化などの前処理を行う系（システム）を示します。

[ステージ 2]は、オーストラリアでのユーカリチップの現地輸送、オーストラリアから日本への海上輸送、陸揚げ港から日本のパルプ工場への現地輸送を行う系（システム）を示します。

[ステージ 3]は、タイでバガスを、日本のパルプ工場にユーカリチップをパルプ化する系(システム)を示します。

[ステージ 4]は、タイでのバガスパルプの現地輸送、タイから日本への海上輸送、日本での製紙工場への現地輸送を行う系（システム）を示します。

参考までに、バガスパルプの製造工程の概略を以下に示します：

- ・ バガス湿式貯蔵装置
- ・ ソーダ蒸解プロセス
- ・ ECF（エレメンタルクロリンフリー：無塩素）漂白法
- ・ 完全ケミカル回収システム
- ・ 20MW タービン発電機と 3.5MW モーター発電機による発電所。
- ・ 電気集塵機付き石炭火力発電ボイラー2 台
- ・ メタンガス発生装置付き廃水処理装置
- ・ 完全配電制御システム

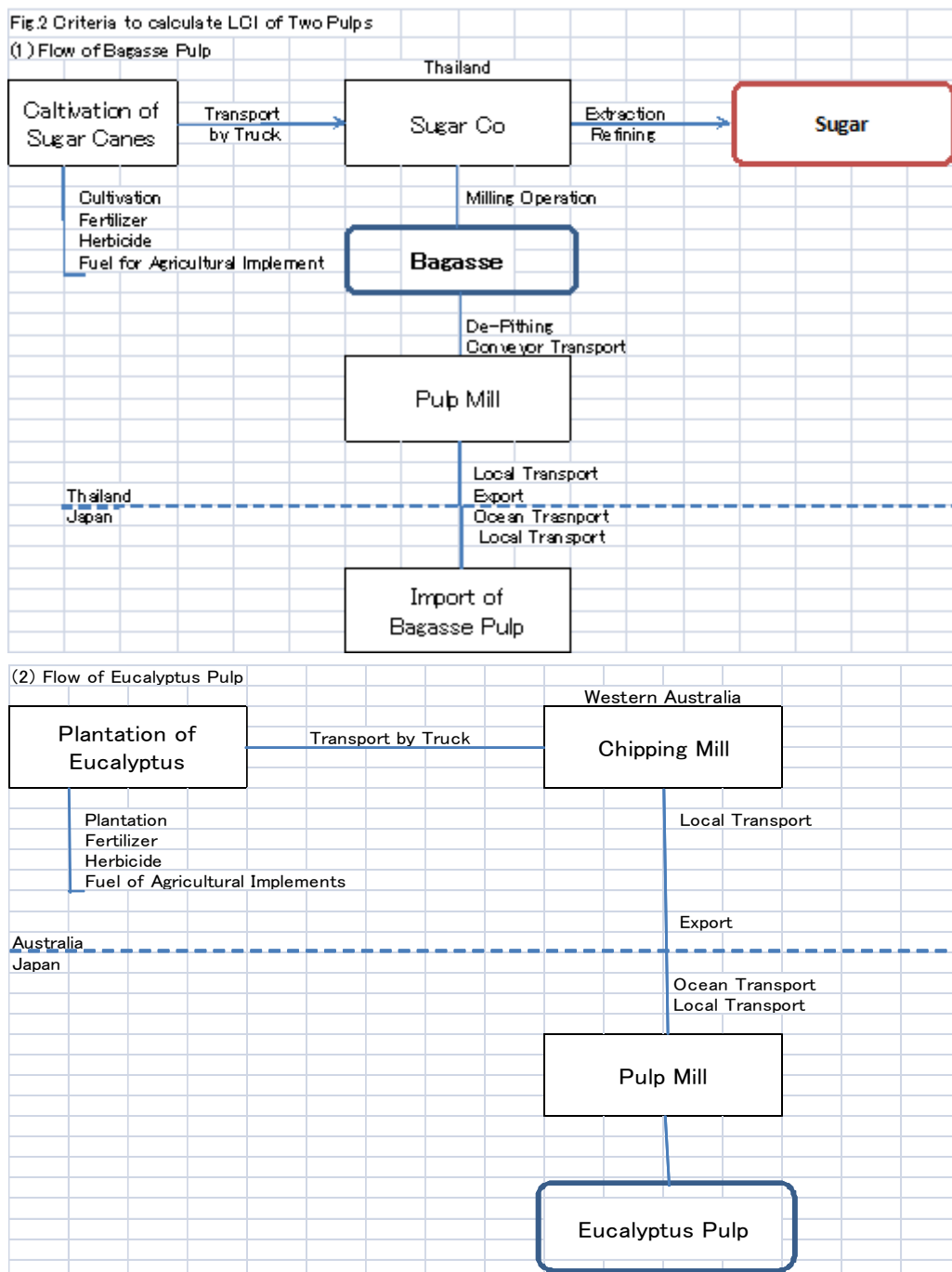
一方、ユーカリパルプは、従来の硫酸法にて製造されており、その運転データはすでに発

表されている文献（参考文献 4~5 及び 18）から入手可能です。

図 2 は、バグスパルプとユーカリパルプの LCI を分析するための基準のフロー図です。詳細な内容については、次節で説明します。

図 2.2 種類のパルプの LCI を算出するための基準

(1) バグスパルプのフロー



4. サトウキビ栽培とユーカリ植林との比較

まず、年間 10 万 BDmt のパルプ工場生産に必要なバイオマス資源量と、サトウキビ栽培とユーカリ植林のための肥料・除草剤・農機具燃料量を算出する必要があります。

表 1 に、サトウキビ栽培とユーカリ植林を比較した主要条件を示します。

年間 10 万 BDmt のパルプ工場建設に必要な両バイオマス資源量は、サトウキビが 872,951BDmt、ユーカリが年間 20 万 BDmt となり、両資源の栽培・植林面積はサトウキビが 48,229ha、ユーカリが 18,182ha となりました。その基本的な計算データを「備考」に示します。

表1 サトウキビ栽培とユーカリ植林との比較	
サトウキビの栽培	ユーカリの植林
① バガスパルプの生産量 100,000BDmt/年 (300BDmt/日×333日)	①ユーカリパルプの生産量 100,000BDmt/年(300BDmt/日×333日)
②パルプ化収率40% (脱ビス化、蒸解、除塵、漂白、シート化の収率)	②パルプ化収率50% (チップ化、蒸解、除塵、漂白、シート化の収率)
③原料バガスの総量：250,000BDmt/年	③原料ユーカリの総量：200,000BDmt/年
④サトウキビとバガスのバランス：サトウキビ1,000tから286tのバガスが排出され、そのうち61tがパルプ製造に使用され、225tが砂糖抽出のために精製される。バガス61tがパルプ製造に使用される。バガス61tは、サトウキビ213tに相当します。	④ユーカリの生育量は11.0BDmt/ha/年
⑤必要なサトウキビの量は 872,951BDmt です。	⑤必要植栽面積は18,182ha
⑥サトウキビの生育率は67.0t/ha、含水率73% (7ヶ月)、絶乾重量は18.1t/ha	⑥植林に必要な肥料は400t
⑦プロジェクトに必要な耕作面積：48,229ha	⑦除草剤使用量 16.4t
⑧肥料の消費量は2,508t	⑧軽油消費量 41,455L
⑨除草剤使用量 43.4t	
⑩軽油の消費量 75,237L	
備考	
バガスパルプ	ユーカリパルプ
② $0.80 \times 0.53 \times 0.955 \times 0.99$	② $0.96 \times 0.545 \times 0.965 \times 0.99$
③ $100,000t \div 0.400$	③ $100,000t/\text{年} \div 0.5$
④ $1,000 \times 61 / 286$ 参考文献13	参考文献 12
⑤ $250,000t \times 213 / 61$ 参考文献20	⑤ $200,000t \div 11.0t/\text{ha}$
⑥ $67.0 \times (1 - 0.73)$	⑥ $18,182\text{ha} \times 22\text{kg}/\text{ha}$
⑦ $873,000 \div 18.1/\text{ha}$	⑦ $18,182\text{ha} \times 0.9\text{kg}/\text{ha}$
⑧ $48,229\text{ha} \times 52\text{kg}/\text{ha}$	⑧ $18,182\text{ha} \times 2.28\text{L}/\text{ha}$
⑨ $48,229\text{ha} \times 0.9\text{kg}/\text{ha}$	
⑩ $48,229\text{ha} \times 1.56\text{L}/\text{ha}$	

5. サトウキビとユーカリの成長段階での CO₂ 吸収量との比較

両資源の CO₂ 吸収量は、サトウキビとユーカリの成長速度に 147g-CO₂/100g-biomass の

係数を乗じて算出しました。なお、光合成量とバイオマス生産量に関する参考文献は、公開論文（参考文献 11 及び 17）によります。サトウキビの生育量は 18.1BDmt/ha、ユーカリの生育量は 11.0BDmt/ha です。

サトウキビの栽培面積とユーカリの植林面積による CO₂吸収量の比較を表 2 に示します。基本的な計算データは「備考」に記載しています。

表 2. サトウキビとユーカリの成長段階での CO ₂ 吸収量との比較	
サトウキビの栽培	ユーカリの植林
①栽培単位に対する CO ₂ 年間吸収量は係数×栽培速度で計算されます。	①植林地単位での年間 CO ₂ 吸収量は、係数×生育率で算出されます。
26.6t-CO ₂ /ha	16.2t-CO ₂ /ha
②栽培面積の CO ₂ 吸収量は 1,282,891t- CO ₂ です。	②植栽面積における CO ₂ 吸収量は 294,548t- CO ₂ です。
備考:	
サトウキビ	ユーカリ
① 18.1t/ha×147g/100g	① 11.0t/ha×147g/100g
参考文献 17	参考文献 17
② 48,229ha×26.6t/ha	② 18,182ha×16.2t/h

6. サトウキビの脱ピス化、ユーカリのチップ化

バガスのパルプ化の大きな障害は、バガス中のピス含有量が高く、バガスの重量の約 25% を占めていることです。ピス（柔細胞）は製紙には無価値で、パルプ化する際に化学薬品を使用します。ピス細胞はパルプ化開始前に機械的に除去するのが最適であり、このプロセスは、脱ピス化作業の前に、貯蔵中のバガスの制御された部分発酵によって促進することができます。

表 3 は、サトウキビの脱ピス化とユーカリのチップ化の概要を示しています。サトウキビのピス（柔細胞）除去に要する電力は 6,250,000kwh、ユーカリのチップ化に要する電力は 6,100,000kwh であることが分かっています。なお、脱ピス化処理とチップ化処理にかかるエネルギー使用の詳細な内訳は、以下の「備考」欄をご参照ください。

表 3. サトウキビの脱ピス化とユーカリのチップ化との比較

サトウキビの脱ピス化	ユーカリのチップ化
①サトウキビ農場から製糖工場までのサトウキビの現地輸送距離：24km	①ユーカリチップの現地輸送距離 植林地からチップ工場までの距離：80km
②ピスの含有率は25%です。パルプ工場での脱ピス化により、ほぼ除去される。	②ユーカリチップの使用量は200,000 BDmtです。
③必要なバガス量は250,000BDmtです。	③チップングに要する燃料消費量 451,200L
④脱ピス化率は20%、脱ピス化量は50,000t。	④チップングの歩留まりは96%
⑤脱ピス化に使用する電力は6,250,000kwhである。	⑤チップングにかかる消費電力は6,100,000kwh
⑥バガスは製糖工場からパルプ工場へベルトコンベアで搬送される。	
⑦ベルトコンベヤの消費電力は25,000kwh	
備考	
サトウキビ	ユーカリチップ
①サトウキビ栽培面積からの推定値	①参考文献 18
③100,000t×0.40	②100,000t×0.5
④250,000 Bdm _t ×0.20	③参考文献 15,18
⑤250,000Bdm _t ×25.0kwh/t	⑤200,000 Bdm _t ×30.5kwh/Bdm _t
⑦250,000t×0.1kwh/Bt	

7. バガスパルプとユーカリチップの輸送について

バガスパルプとユーカリチップの輸送に関する分析データを表4に示します。

バガスパルプは、パルプ工場からタイの海港に輸送され、その後、船便で日本に輸出されます。

また、ユーカリチップはチップ工場から西オーストラリアの海港に輸送され、船便で日本のパルプ工場のチップヤードへと輸送されます。

それぞれの輸送条件を複数のデータから推定し、必要な輸送燃料消費量を算出したのが表4です。

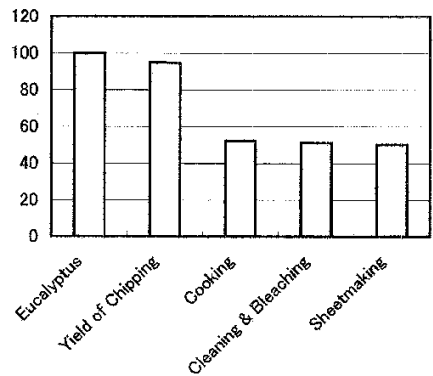
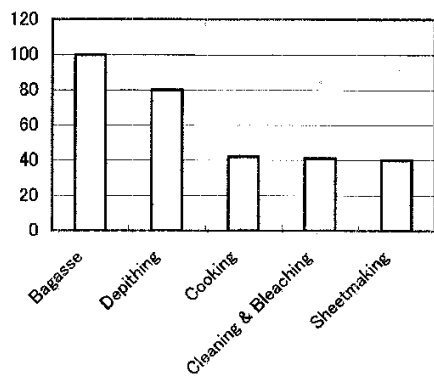
表 4. バガスパルプとユーカリチップの輸送条件の比較

バガスパルプの輸送	ユーカリチップの輸送
①パルプ工場から港までの現地輸送について タイの港までの輸送距離： 200km	①西オーストラリア州のチップ工場から 港までの現地輸送： 80km
②20tコンテナトラックの燃料消費量： 0.543L/km	②15tトラック積載量： 21.8m ³ ③チップ重量：0.455t/m ³ チップ容積：2.2m ³ /t
③20tコンテナトラックの積載重量： 17.6t (200kg/bale×88bales)	④15tトラックの積載重量： 9.92t
④燃料消費量単位： 0.0309L/km,t	⑤トラックの燃料消費量： 0.37L/km
⑤陸上輸送の燃料消費量： 618,000L	⑥燃料消費量単位： 0.0373 L/km
⑥タイから日本までの海上輸送距離： 6,000km	⑦チップの総重量： 200,000 Bdmt ⑧陸上輸送の燃料消費量 596,800 L
⑦ベールドパルプ量： 1.54m ³ /t	⑨日本までの輸送距離： 13,000km
⑧海上輸送の燃料消費単位： 2.33g/km,t	⑩チップの重量に対する体積： 2.2m ³ /t
⑨パルプの総重量： 100,000 t	⑪海上輸送の燃料消費量： 3.33g/km
⑩海上輸送の燃料消費量 1,398t	⑫海上輸送の燃料消費量： 8,658t
⑪重油の比重： 0.95t/kL	⑬重油の比重： 0.95t/kL
⑫海上輸送における重油の総消費量： 1,472kL	⑭海洋輸送における重油の総消費量： 9,114kL
備 考	
バガスパルプ	ユーカリチップ
①~④ 参考文献18(概算)	①~⑤ 参考文献18
⑤0.0309L/km,t×200km×100,000t	⑧0.0373L/km/t×80km×200,000t
⑥~⑧ 参考文献18,19	⑨参考文献18
⑩2.33g/km,t×6,000km×100,000t	⑫3.33g/km/t×13,000km×200,000t
⑫1,398t÷0.95t/kL	⑭8.658t÷0.95t/L

8. バガスとユーカリのパルプ化（蒸解）条件の比較

バガスとユーカリのパルプ化プロセスに関する LCI 評価を確立するためには、バガスとユーカリのパルプ製造における蒸解時の化学薬品消費量、回収ボイラーによる蒸気発生量、パルプ化収率など多くの情報を得る必要があります。これらのデータは、参考資料から収集・分析します。詳細なデータは紙面では省略し、脱ピス化、蒸解、漂白、除塵、パルプシート製造の収率の代表的なデータを図3に示します。

図3. バガスとユーカリのパルプ化工程におけるパルプ収率



9. 結果および考察

セルローズ系包装材料としてのバガスパルプとユーカリパルプの LCI 評価は、ここまで説明した研究資料、表 1~4 と図 2~3 を導入することで立証できます。両原料の CO₂ 放出量と吸収量を総合的にまとめたものが表 5 です。

表 5. バガスとユーカリの CO₂ 放出量と吸収量のまとめ

	ステージ	項目	バガス パルプ (単位：t-CO ₂)	ユーカリ パルプ (単位：t-CO ₂)
CO ₂ 放出量	0	成長過程	2952	616
	1 プリプロセス シング (前処理)	現地での輸送	11	1,123
		脱ピス化	2,750	—
		チップ化	—	2,684
	2 (チップ)	現地輸送 (オーストラリア)	—	1,486
		海上輸送	—	26,157
		現地輸送(日本)	—	516
	3 (パルプ化)	黒液の消費量	135,104	104,775
		蒸気を補う	21,147	47,904
	4(パルプ)	現地輸送(タイ)	1,539	—
		海上輸送	4,225	—
		現地輸送(日本)	196	—
		合計放出量		167,924
CO ₂ 吸収量	合計吸収量		1,282,891	294,548
CO ₂ 全体量	合計	差引吸収量	1,114,967	109,287

バガスパルプの CO₂ 総放出量は 168,000t-CO₂、ユーカリパルプの CO₂ 総放出量は 185,000t-CO₂ です。また、バガスパルプの CO₂ 吸収量は 1,283,000t-CO₂、ユーカリパルプの CO₂ 吸収量は 295,000t-CO₂ です。

この差の主な理由は以下の通りです。

a) 単位面積当たりの収穫量

サトウキビ 26.6 BDmt/ha

ユーカリ 16.2BDmt/ha

b) パルプ 10 万トン分に必要な植栽面積

サトウキビ 48,200ha

ユーカリ 18,200ha

また、表 5 の通り、バガスパルプはユーカリパルプより CO₂ 方出・吸収バランスにおいては 1,115,000t-CO₂ と優位にあります。

CFP（カーボンフットプリント）によると、ユーカリチップはオーストラリアから 13,000km の距離を約 20 万 BDmt 輸送する必要があり、CO₂ 放出量は 26,000t-CO₂ ですが、バガスパルプはタイで生産され、半分の 6,000km を 10 万 BDmt 輸送します。バガスパルプの海上輸送による CO₂ 放出量は 4,200t-CO₂ で、ユーカリパルプの 1/6 になります。また、両パルプの CO₂ 放出量は、パルプ化工程に若干の違いはあるものの、約 15 万 BDmt とほぼ同じです。

10. まとめ

全世界で年間約 130 億トン（含水）のサトウキビが収穫され、その約 30%がサトウキビ生産時の残渣（バガス）で、その多くは燃料として燃やされていますが、近年になって、それがバイオマス資源の活用事例として注目されるようになってきています。タイでは、約 6,000 万トン（含水）のサトウキビが栽培され、約 1,700 万トン（含水）のバガスが排出されています。

特にカセットタイ製糖工場はタイ最大の製糖工場であり、EPPCO はその製糖工場に隣接しています。つまり、EPPCO は「甘味の残り物」の観点から理想的な産業廃棄物処理場と言えるかもしれません。

本稿では、セルロース系包装材としてのバガスパルプの LCI 評価に関するケーススタディを行いました。

本事例は、今後の非木材バイオマス資源の開発において重要な役割を果たすと考えられます。

【謝辞】

バガスパルプの製造に関する貴重な情報を提供していただいた EPPCO (Environment Pulp and Paper Co.Ltd.、タイ) に感謝いたします。

11.参考文献

- 1.守屋浩、門屋卓、中島庸佑、ジェルバ、17,(5,6),3 (2009)
- 2.守屋浩、門屋卓、中島庸佑、ジェルバ、17,(7,8),3 (2009)
- 3.門屋卓、JPI ジャーナル、36,11,4 (1999)
- 4.門屋卓、日本包装技術協会、8,3,105(1999)
- 5.門屋卓、理科大サイエンスフォーラム、205、16 (2001)
- 6.T.Katsura, H.Iwata, K.Nakazawa, K.Katayama, H.Sakamura and I.Yasui, Japan TAPPI, 54,8, 84, (2000)
- 7.K.Nakazawa,K.Katayama,T.Katsura,H.Sakamura and I.Yasui, Japan TAPPI,55,6, 102 (2001)
- 8.K.Nakazawa, T.Honda, T.Katsura, K.Katayama, R.Yamamoto and I. Yasui, Japan TAPPI 57, 8, 97, (2003)
9. S. Nakazawa, T. Yamaguchi, Japan TAPPI,56, 2, 111, (2002)
- 10.A. Vizcarra, V. Lo, P. A. Bicho and P.A. Watson, TAPPI J. 82, 2, 115 (1999)
- 11.T. B. T. Lam, K. Hori and K. Iiyama, J. of Wood Science 39, 4, 255 (2003)
- 12.Report of Japan Pulp and Paper Federation (2000)
- 13.門屋卓による報告(3・4) (2005)
- 14.A.Vizcarra, V.L.Paul. A. Bicho, and P. A. Watson, TAPPI, 82, 2, 115 (1999)
- 15.ジェルバ、15(9・10), 7, (2007)
- 16.ジェルバ、13(3・4),16,(2005)
- 17.門屋卓,ジェルバ 12(4),(2004)
- 18.S.Nakayama, T. Yaguchi, Japan TAPPI 56(7) ,(2002)
- 19.ジェルバ 14 (1,2) ,3,(2006)
- 20.ジェルバ 14(9,10),11,(2006)
- 21.O. Traiann, Appita J. 61 (5) (2008)
- 22.エルサルバドルにおけるケナフ栽培およびケナフパルプ製造の可能性に関するフィージビリティ・スタディ, JETRO March
エルサルバドルにおけるケナフ栽培およびケナフパルプ製造の可能性に関するフィージビリティ・スタディ, JETRO March (2002)