

## 定規のLCA的検討について

### 1. 提案品目

- ポリ乳酸(PLA)からなる定規

### 2. 環境負荷に関する検討

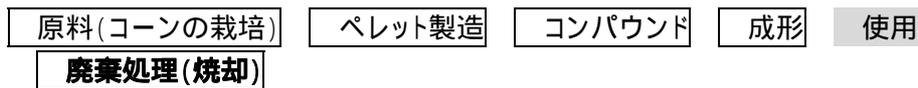
#### (1) 比較対象 (以下の現行製品を対象とした)

- バージン品 : ポリ塩化ビニル(PVC:100%)からなる定規  
: アクリル樹脂(PMMAで代用)からなる定規
- リサイクル品 : 再生PET:40%、バージンPET:60%からなる定規

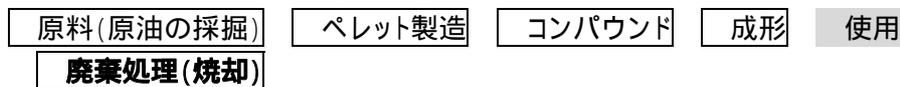
アクリル樹脂に関しては、化学経済研究所による”素材のエネルギー解析調査報告書“のPMMA<sup>4)</sup>のデータを使用する。そのため、プラスチック処理促進協会(PVCおよびPET)のデータと比べて、境界条件が異なる可能性がある。

#### (2) 生産～廃棄工程

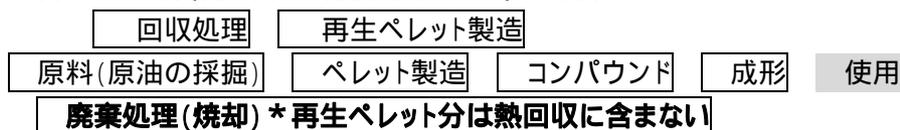
##### PLA 製品の場合



##### PVC およびアクリル樹脂(PMMA)製品の場合



##### 再生PET材(再生PET材使用率:40%)の場合



#### (3) 環境負荷検討の概要

- 原料採取からペレット製造に係る環境負荷の要因として化石エネルギーの使用、CO<sub>2</sub>の排出、水の使用等が考えられる。そのうち水の使用に係る環境負荷については、PLAと化石資源由来のプラスチックは同等であることが報告されている<sup>1)</sup>。また、水の使用による環境負荷の差異は、化石エネルギーの使用、CO<sub>2</sub>の排出による差異と比較して十分小さいと考えられる。また、LCA的には化石エネルギーの使用=CO<sub>2</sub>の排出であることから、化石エネルギーの使用の比較のみを行った。
- 化石燃料起因のプラスチック類において、化石資源エネルギー(フィードストックエネルギー:化石燃料の内部エネルギー分)は含むと考える。よって、ペレット製造段階での化石資源消費量として、加工プロセスエネルギー及び化石資源エネルギーの合計とする。ただし、PLAについては、植物由来の再生可能エネルギーで

あり、焼却した場合にもカーボンニュートラルなものであるため、フィードストックエネルギーをカウントしない。

- 製品の加工工程について公式に発表された LCA データは少ないが、PLA 製品と化石資源由来のプラスチック製品の成形加工時の条件はほぼ同様であることと、PLA の例 (ボトルの例では 1/4 以下<sup>10)</sup>) から、この工程で使用されるエネルギーはペレット製造時の使用エネルギーに比べて十分小さいと考えられる。そのため、コンパウンド・成形加工時における評価は省略する。ただし、より厳密に評価を行う場合、素材ごとの材料歩留まりの影響、成形加工機の性能に関する影響などを考慮する必要がある。
- 各プラスチックに含まれる安定剤、可塑剤などの添加剤については、PLA と化石資源由来のプラスチック類とで差がないと考え、LCA 評価に含まないとする。
- 物流、輸送に関する評価は、原油の輸送 (中東 日本) を除いて省略している。化石資源由来のプラスチックの原油採掘～ペレット製造において、中東から原油の状態 で日本に輸入されると考えた場合、その輸送段階の消費エネルギーはペレット製造までの工程において約 3～4% 程度になり、LCA の評価範囲に含まれるとする。ただし、PLA の場合には、北米でトウモロコシの栽培からペレット製造までと考えると、ペレットの状態 で北米から日本に輸送されると考えなければならない。現状、北米 日本 のペレット輸送についての信頼出来るデータがないが、Cargill Dow 社のデータによると、消費エネルギーはペレット製造の 5% 以下<sup>10)</sup> (北米 欧州) という結果があり、原油の輸送段階とほぼ同じであると考えられるため、LCA 評価に含まないとする。また、日本国内での陸上輸送については、各プラスチック間の違いによる差が僅かであると考えられるため省略する。
- 製品は使用後、焼却処理場にて燃焼熱によるエネルギー回収により発電されると考える (発電効率: 10%<sup>7)</sup>)。この発電されたエネルギー分を、日本の電力の熱効率<sup>8)</sup> から一次エネルギーに換算し、全体のライフサイクルのエネルギー消費分からマイナスすると考える。
- 再生 PET (100%) の化石燃料原単位について、化石資源エネルギーは“0MJ”、プロセスエネルギーは“8.7MJ/kg<sup>3)</sup>”とする。よって、下記のように再生 PET 材の原単位と、バージン材の原単位を、リサイクル材使用率で按分して計算する。  
PET 材のバージン材および再生材でそれぞれ 1kg 製造する時の原単位  
PET 材 (バージン材): 化石燃料消費量: (27.9+34.8)MJ/kg = **62.7 MJ/kg**  
PET 材 (再生材): 化石燃料消費量: (8.7+0)MJ/kg = **8.7 MJ/kg**  
**再生材使用率が 40% とすると、再生 PET 材 (リサイクル材: 40%) の原単位は**  
化石燃料消費量 = 62.7(MJ/kg) × 0.6 + 8.7(MJ/kg) × 0.4 = **41.1 (MJ/kg)**  
となる。

#### (4) 製品の原料採取から廃棄における化石エネルギー使用の比較

段階	項目	PLA <sup>1)</sup>	PVC <sup>2)</sup>	再生PET <sup>2),3)</sup> (リサイクル材 使用率:40%)	アクリル樹脂 (PMMA <sup>9)</sup> で代用)	備考
ペレット製造 (原料からペレット 製造まで)	化石資源消費量 (MJ/kg) (プロセスエネルギー + 化石資源エネルギー)	54.1	46.8	41.1	51.9	輸送段階は考慮しないが、原油輸送(中東日本)は含む
	プロセスエネルギー (化石資源エネルギー) (MJ/kg)	54.1 (0)	25.8 (21.0)	20.2 (20.9)	25.7 (26.2 <sup>9)</sup> ) 化石資源エネルギーとして燃焼熱を使用	PET材の化石資源消費量 プロセスエネルギー: ・バージン材:27.9MJ/kg <sup>2)</sup> ・リサイクル材:8.7MJ/kg <sup>3)</sup> 化石資源エネルギー ・バージン材:34.8MJ/kg <sup>2)</sup> ・リサイクル材:0MJ/kg <sup>3)</sup>
成形加工	成形加工時において、加工温度・比熱・加工速度・歩留まり等の影響があるが、素材間の違いは無いと考え、今回の評価においては考慮しない					
廃棄処理：エネルギー回収（発電効率：10%） 再生ペレット分は熱回収に含まない						
エネルギー 回収	燃焼熱 (MJ/kg)	19.1	24.0	13.8 バージン材:23.0	26.2 <sup>9)</sup>	再生PETはバージン材分のみ PLA <sup>5)</sup> , PET <sup>6)</sup> , PMMA <sup>9)</sup>
	エネルギー回収(プラスチックの燃焼)により発電された電力エネルギー(発電効率:10%) <sup>7)</sup> (MJ/kg)	1.9	2.4	1.4	2.6	
	一次エネルギー換算 (MJ/kg)	4.8	6.0	3.5	6.6	1kWh発電に9.0MJ必要 (熱効率:39.9%) <sup>8)</sup>
製品体積は同じと考える 比重 (PLA: 1.26, PVC:1.43, PET: 1.38, PMMA:1.19)						
		PLA	PVC	再生PET (リサイクル材:40%)	アクリル樹脂 (PMMAで代用)	
単位体積あたりの 評価	化石燃料消費量合計 (MJ/体積)	62.1	58.2	52.0	53.9	

### 3. 考察

#### 原材料採取から廃棄までの合計比較

ペレット製造時と製品廃棄時における環境負荷について製品重量を考慮し、化石エネルギーの使用の比較を行った。

- PLA製品との比較対象として、PS材のバージン100%製品および再生PS材使用率50%の製品とした。
- 各素材間の定規製品1個あたりの体積は同じであると考え、製品重量を比重換算して、単位体積での比較とした。
- アクリル樹脂の化石資源エネルギーのデータが分からなかったため、燃焼熱と同じ値として計算を行った。
- バージン樹脂分については熱回収を考慮し、リサイクル樹脂分については、資源エネルギーを0とし、熱回収を想定しない方法で行なった。

<化石エネルギー使用についての結果:プラ処理協および化経研のデータによる>

PLA製品 62.1 MJ/体積 = (54.1 - 4.8) x 1.26

PVC製品 58.2 MJ/体積 = (46.8 - 6.0) x 1.43

再生PET:40%製品 52.0 MJ/体積 = (41.1 - 3.5) x 1.38

アクリル樹脂 53.9 MJ/体積 = (51.9 - 6.6) x 1.19

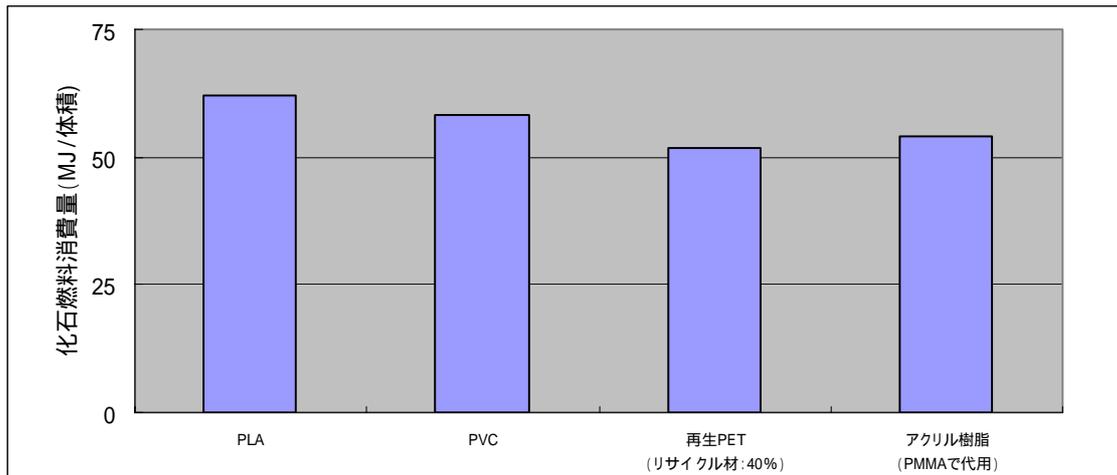


図 定規における LCA 比較(体積あたり)

出典:

- 1) Erwin T.H. Vink et.al.; Polymer Degradation and Stability, 80, p403-419, 2003  
Applications of Life Cycle Assessment to NatureWorks™ Polylactide (PLA) Production  
ISO 14040 にのっとって検証されたものである。2002 年度ヒヤリングで説明使用。
- 2) 合成樹脂の LCI データ, (社)プラスチック処理促進協会 “プラスチック廃棄物の処理・処分に  
関する LCA 調査研究報告書” 2001 年 3 月
- 3) リサイクルシステム比較基礎データ, (社)プラスチック処理促進協会 “プラスチック  
廃棄物の処理・処分に  
関する LCA 調査研究報告書” 2001 年 3 月
- 4) 素材のエネルギー解析調査報告書 化学経済研究所 1993 年 9 月
- 5) 島津製作所発表データ 東京農業大学総合研究所研究会主催 第 95 回 FORUM  
“これからの生物産業”にて発表 2000 年 3 月 17 日
- 6) 廃プラスチックの焼却時のエネルギー、環境負荷データ、(社)プラスチック処理促進  
協会 “廃プラスチック処理・処分システムのエコ効率分析” 2003 年 3 月
- 7) ゴミ発電効率:10%、資源エネルギー庁 HP より
- 8) 火力発電効率:39.9%、環境省データ
- 9) 三菱エンジニアリングプラスチックス ホームページ  
<http://www.m-ep.co.jp/mep-j/tech/iupilon/multi/04-7-1.htm>
- 10) Cargill Dow 社データ