

ボールペンのLCA的検討について

1. 提案品目

ポリ乳酸 (PLA) からなる軸部を有するボールペン

2. 環境負荷に関する検討

(1) 比較対象

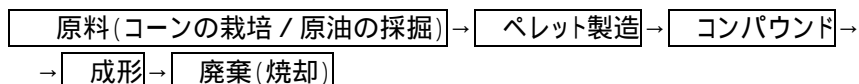
バージン品 : ポリスチレン (PS) からなる軸部を有するボールペン

リサイクル品 : 再生ポリテレフタレート (PET) 40%、バージン PET 60% からなる軸部を有するボールペン

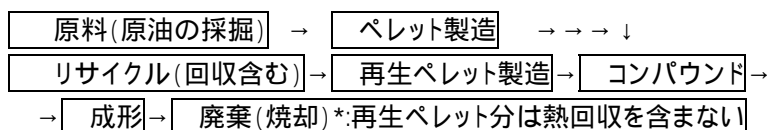
* 再生ポリスチレン (PS) のデータがないため再生 PET を再生 PS と想定した

(2) 生産～廃棄工程 (軸部以外は同じ素材からなり同じとし省略した)

- PLA ならびに PS 製品の場合



- 再生 PET 製品の場合



(3) 環境負荷考察の概要

- 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、CO₂ 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 PET は同等であることが報告されている¹⁾。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、CO₂ 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 = CO₂ 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。
- 製品の加工工程について公式に発表された LCA データは無いが、PLA 製品と PS もしくは PET 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⁵⁾) から、この工程で使用す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。また、物流に関しては、ペレットを米国から欧州に輸送する際に使用されるエネルギーはペレット製造時の約 5% 以下である⁵⁾。よって、原料採取からペレット製造までの工程及び廃棄段階について比較することとした。

(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及びCO₂排出量の比較

工程	項目	PLA	PS	(再生)PET
原料から ペレット製造 (ハージン樹脂の 場合)、 ¹⁾	化石 燃料の 使用 (MJ/kg)	総計 54.1 プロセス・エネルギー - 54.1 化石資源エネルギー - 0.00	-	-
原料から ペレット製造 (ハージン樹脂の 場合)プラ処理協 データ、 ^{2)*1}	化石 燃料の 使用 (MJ/kg)	-	総計 73.4 プロセス・エネルギー - 27.8 化石資源エネルギー - 45.6	総計 62.7 プロセス・エネルギー - 27.9 化石資源エネルギー - 34.8
原料から ペレット製造 (ハージン樹脂の 場合)APME データ (参考) 、 ³⁾	化石 燃料の 使用 (MJ/kg)	-	総計 86.7 プロセス・エネルギー - 39.2 化石資源エネルギー - 47.5	総計 77.2 プロセス・エネルギー - 38.5 化石資源エネルギー - 38.7
リサイクルからペレット 再生製造 (リサイクル樹脂の 場合)、 ⁴⁾	化石 燃料の 使用 (MJ/kg)	—	—	8.70 1789791x4.18605 ÷ 0.861 ÷ 1000
ペレットから 製品製造 、	化石 燃料の 使用 (MJ/kg)	PLA 製品加工時のエネルギー使用は、PS 製品ならびに再生 PET 製品の加工時と同等もしくはそれ以下であると想定される		
製品廃棄時 ()に発生する 熱量から 発電による エネルギー回収を 想定する場合	燃焼熱 (MJ/kg) ^{*1}	19.1 ⁶⁾	40.3 ⁷⁾	23.0 ⁷⁾
	回収 エネルギー (電気) (MJ/kg) ^{*2}	1.91 ¹⁾	4.03	2.30 * ハージン樹脂の 場合
	一次 エネルギー 換算 (MJ/kg) ^{*3}	4.78	10.1	5.77 * ハージン樹脂の 場合

*1: エネルギー換算: 1 cal=4.18605J、 *2: 燃焼熱 (: 低位発熱量) (MJ/kg) × ゴミ発電効率
(10%)⁸⁾、 *3: 回収エネルギー ÷ 発電効率(39.9%)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 製品との比較対象は、バージン品の場合 PS100%品、リサイクル品の場合再生 PS40%品を想定した再生 PET40%品とした。(再生 PSの方が再生 PETよりも化石エネルギーの使用は小さいものと想像される。)
- 実際の製品の重量(樹脂重量)を考慮するため、ボールペン軸部の容積はいずれも同じとして、その際の樹脂の比重(PLA:1.26、PS:1.05、PET:1.38)を係数として算出した。
なお、軸部以外は同じ素材として環境への負荷量は同じと考え、以下の評価から省略した。
- 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。(計算)
- また、参考として、リサイクル樹脂の化石資源エネルギー及び回収エネルギーを、リサイクルによって利用される回数(2回)でシェアする方法(同様の方法は、ISO14049 テクニカルレポートに例示されている。)での計算を行った。(計算)

< 化石エネルギー使用についての結果: プラ処理協データによる >

PLA 製品 62.1 MJ $= (54.1 - 4.78) \times 1.26$

PS 製品 66.5 MJ $= (73.4 - 10.1) \times 1.05$

再生 PET40%製品(再生 PS40%想定) (計算)

52.0 MJ $= (62.7 \times 0.4 + 8.70 \times 0.6 - 5.77 \times 0.4) \times 1.38$

再生 PET40%製品(再生 PS40%想定) (計算) (参考)

60.0 MJ $= (62.7 \times 0.4 + 34.8 \times 0.6 \times 0.5 + 8.70 \times 0.6 - 5.77 \times 0.70) \times 1.38$

< 以下 APME データにより計算(参考) >

PS 製品 80.5 MJ $= (86.7 - 10.1) \times 1.05$

再生 PET40%製品(再生 PS40%想定) (計算)

64.0 MJ $= (77.2 \times 0.4 + 8.70 \times 0.6 - 5.77 \times 0.4) \times 1.38$

再生 PET40%製品(再生 PS40%想定) (計算)

73.1 MJ $= (77.2 \times 0.4 + 38.7 \times 0.6 \times 0.5 + 8.70 \times 0.6 - 5.77 \times 0.70) \times 1.38$

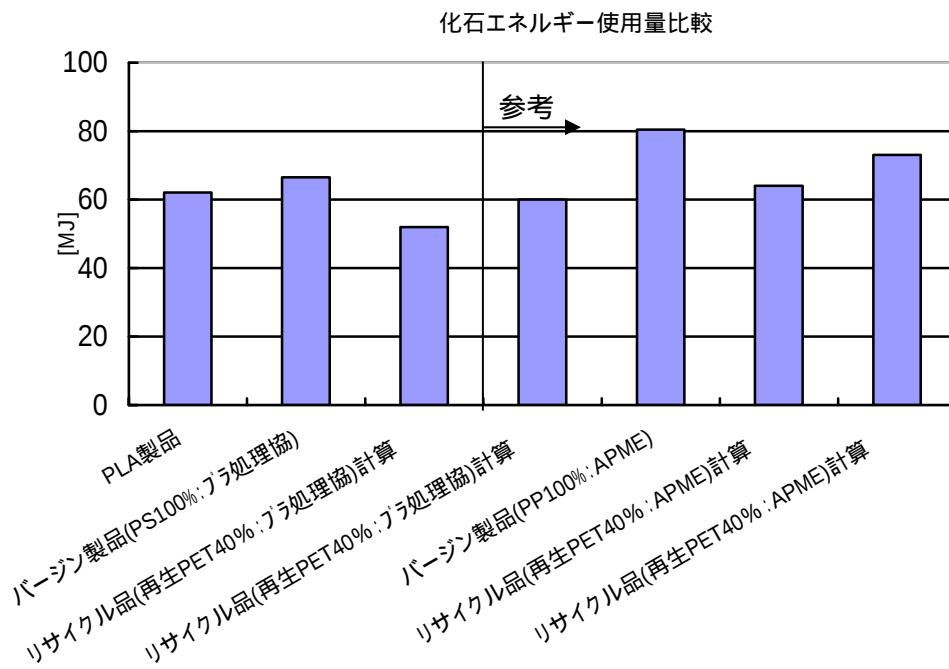


図 ボールペンのLCA比較

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・処分にに関するLCA調査研究報告書” 2001 年3月
- ³⁾ APME(ヨーロッパプラスチック製造者協会)ホームページにて公開の LCA / LCI データ
- ⁴⁾ 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・処分にに関するLCA調査研究報告書” 2001 年3月
- ⁵⁾ Cargill Dow 社データ
- ⁶⁾ 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
- ⁷⁾ 廃プラスチックの焼却に関するデータ, (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・処分にに関するLCA調査研究報告書” 2001 年3月
- ⁸⁾ ゴミ発電効率:10%、資源エネルギー庁 HP より
- ⁹⁾ 火力発電効率:39.9%、環境省データ