

## 第 3 章 リユースカップの環境影響評価

### 第 1 節 実施にあたって

近年、サッカー場や野外ライブなどの一定の閉鎖空間においてプラスチック製カップのリユースシステムを導入する動きが、全国各地で徐々に広がりつつある。(財)地球・人間環境フォーラム等によるこれらの取り組みでは、主にポリプロピレン (PP) 製のカップが用いられてきたが、バイオマス由来のプラスチック (BP) 製の食器類も、愛知万博 (2005 年 3 月開催) への導入等を契機に開発が進んできており、廃棄物発生抑制の観点からは有利と思われる同素材のカップを用いた鈴鹿サーキットでのリユースカップ実証事業を対象に、ライフサイクルアセスメント (LCA) を試みることとなった。これは、製品のライフサイクル (原料採集から、製造、流通、使用、廃棄までの製品の一生) を通じて使用されるエネルギーや天然資源、また、環境へ排出される汚染物質や廃棄物などを定量的に分析し、環境影響の可能性を評価するものである。

なお、LCA の実施にあたっては、東京大学生産技術研究所・安井研究室に多大なるご協力をいただいた。多忙を極める中ご協力をいただいた安井至教授と同研究室・二上俊郎研究員にこの場をお借りし、改めて感謝申し上げたい。

### 第 2 節 LCA 概要

#### 1. システム範囲と前提条件

今回行った LCA における前提条件は、以下のとおりである。

##### ポリ乳酸 (PLA) リユースカップ<sup>1</sup>

(株)台和(本社・東京都台東区)製作によるもの(容量 630ml、重量 82g)で、原料はパルプ(30%)とポリ乳酸(70%)からなる。外側面はウレタンコーティング加工の後、1色刷りの印刷がなされている。ちなみに、今回 PLA の比較対照とした他素材としては、一般に遊園地などでの飲食等によく使われている紙製のカップと、サッカー場やイベント等向けのリユースカップとして普及している PP 製カップである。

##### 回収システム

(株)台和の新潟工場より三重県鈴鹿市の使用会場(鈴鹿サーキット内フラワーガーデンプール)まで搬入、使用・回収・洗浄・保管のすべてを場内で繰り返すものとした。

##### 機能単位

500mL 飲料(ソフトドリンク)のサービス及び保持に係わる飲料容器の使用 1 回あ

<sup>1</sup> バイオマス由来プラスチック (BP) カップとここでは同義だが、本 LCA 中では原料素材に着目し、PLA リユースカップと呼ぶこととする。

たりを対象とした。

#### システム範囲

資源採取から素材製造、容器製造、充填、流通、リサイクル（二次材料製造）、廃棄までを対象とした。なお、再利用しているサーバーもしくはリユースカップについては、回収後の洗浄も範囲に含めた。また、分析の元となる主要原単位の出典は以下のとおりである。

- PLA " Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide (PLA) production " E. Vink et al., Polymer Degradation and Stability 80 (2003) 403-419
- 原料・エネルギー 「ライフサイクルインベントリー分析の手引き（環境情報センター、1998年）」
- 輸送 「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書（プラスチック処理促進協会、1993年）」
- 焼却<sup>2</sup> 「包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析（野村総合研究所、1995年）」

なお、上記以外の製造に関する部分については、（株）台和からの提供データとなっている。また、サーバー充填・輸送及び使用段階データについては、ソフトドリンク販売企業より提供いただいた。

## 2. シナリオ設定

リユースカップの環境負荷を評価するため、PLA カップをリユースする場合、PP カップをリユースする場合、紙カップを使い捨てる場合の三つのシナリオを対象とした。使用後の容器回収率については、実際の鈴鹿サーキット内プールエリアの実証事業における実績値に近い 98%（50 回使用）とし、分析を行った。

- PLA はアメリカでトウモロコシを原料として精製され、日本へ輸出された後成型される。台和・新潟工場で成型、300km 離れた三重県鈴鹿市内へ輸送された。鈴鹿サーキット内プールエリアの売店でソフトドリンク販売に使用、使用後は回収・洗浄（食器洗浄機を利用）され再び使用される。ソフトドリンクの原液を充填したサーバーの輸送についても含めた。使用段階を終えた PLA カップは、二次材料として 100%リサイクルされるものとし、リサイクル工場への輸送までを考慮した。
- 原料を海外より輸入、と同様に製造・輸送・使用を経て、使用段階を終えた後はマテリアルリサイクルはせず、すべて焼却処理されるものとした。
- 製造地は 100km 離れた地点とし、と同様の使用会場へ輸送、使用される。1 回の使用の後捨てるという点を除いて使用段階の条件は と同じである。使用後は回収・輸送され、すべて焼却処理されるものとした。

<sup>2</sup> 焼却時の残渣に関するデータは本 LCA では含めておらず、焼却に関してはあくまで一般的な参考値となっている。

### 3. 環境負荷項目

分析の対象とした環境負荷項目は、材料エネルギー消費量(資源エネルギー消費量、feedstock energy)<sup>3</sup>、工程エネルギー消費量(化石エネルギー消費量)、CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)排出量、水消費量、固形廃棄物発生量である。

## 第 3 節 各環境負荷項目における分析結果

PLA リユースカップと PP リユースカップ、使い捨て紙カップが与える環境負荷量の分析結果を下表に示した。また、各環境負荷項目についての評価は以下のとおりである。

PLA リユースカップとその他容器の各環境負荷量比較 (1 個 1 回あたり)

環境負荷	リユースカップ (50 回使用時)		使い捨て紙カップ
	PLA	PP	
工程エネルギー量/kcal	182	167	439
材料エネルギー量/kcal	8	10	21
CO <sub>2</sub> 排出量/kg	0.063	0.046	0.12
水消費量/kg	0.8	0.7	1.4
固形廃棄物発生量/g	0.01	0.06	2.2

バイオマスエネルギー及びバイオマス CO<sub>2</sub> は持続可能型とし環境負荷から除いた

#### 1. エネルギー消費量

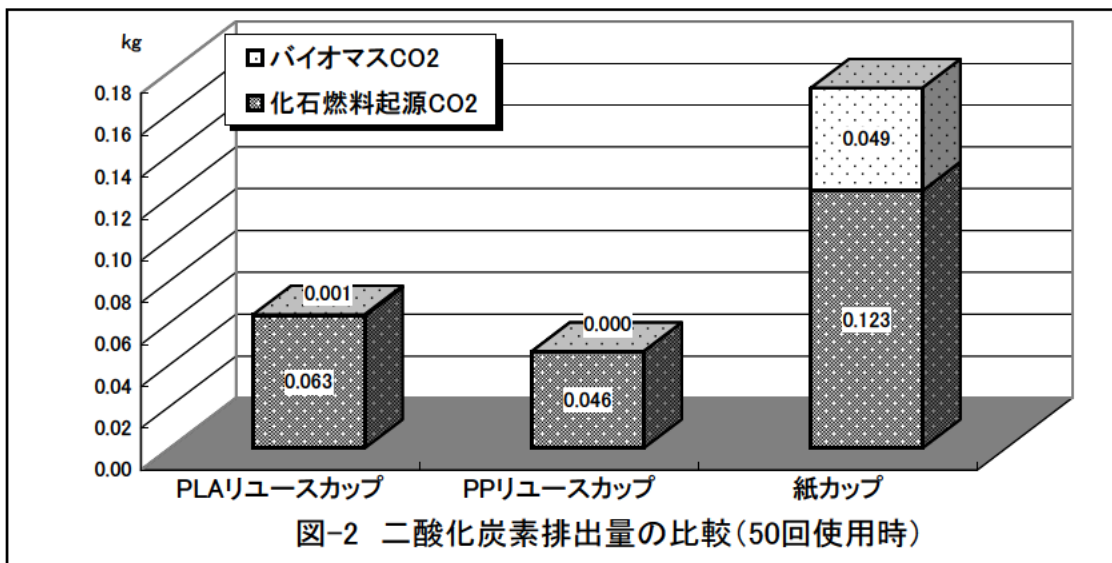
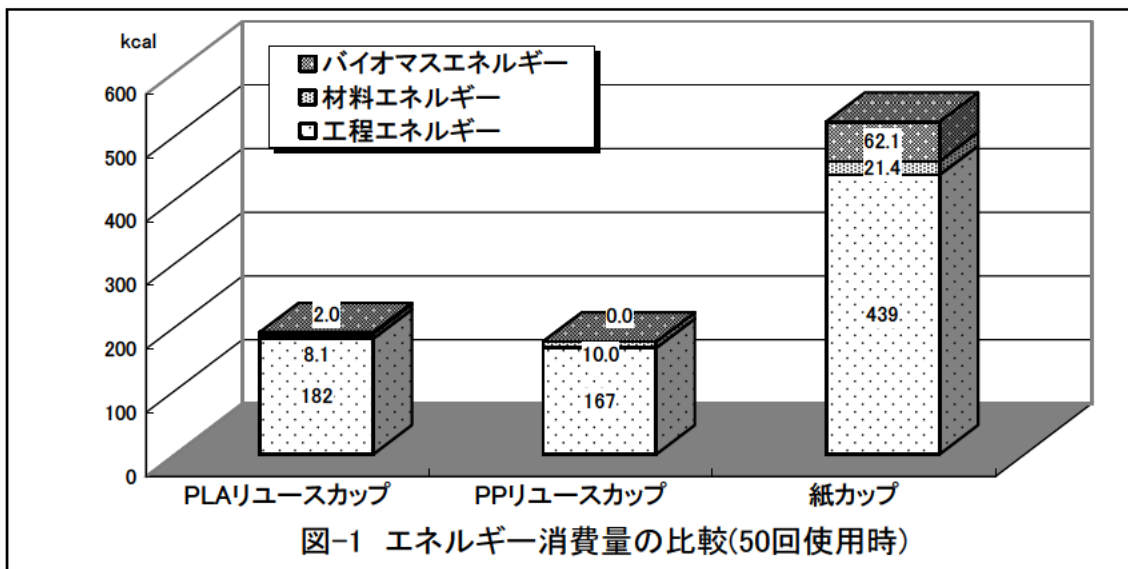
容器別のエネルギー消費量の比較結果を図-1(次ページ参照)に示した。ここでは、製造工程や輸送、使用、洗浄などで消費される工程エネルギー、プラスチックのように石油を材料資源とした材料エネルギー、紙のように木質資源を利用したバイオマスエネルギーに区分した。その結果、PLA リユースカップは、使い捨て紙カップよりもエネルギー消費は少ないが、PP リユースカップよりも多くのエネルギーを消費していることがわかった。これは、PLA の生産が現在はまだ大量生産の段階を迎えておらず、エネルギーの効率化が十分図られていないことが一つの理由と考えられる。また、材料特性の面でも PP と比較すると同一特性の容器を製造するには約 2 倍の重量を必要としていることも理由である。今後の生産技術、材料特性の改良に期待したい。

#### 2. CO<sub>2</sub> 排出量

図-2(次ページ参照)に CO<sub>2</sub> 排出量を示した。CO<sub>2</sub> 排出量は一般的に、エネルギー消費量と相関関係があり、図-1 とほぼ同様の結果となっている。各容器間の排出量の違いについては、エネルギー消費量のところで述べた理由がここでもあてはまる。なお、

<sup>3</sup> 原料をエネルギーに換算して表したもので、例えば工程にかかるエネルギーと資源にかかるエネルギーとを比較する際などに使われるものである。本 LCA においては、バージン原料として費やされる原油等が「材料エネルギー」にあたり、それ以外の用途で費やされるものを「工程エネルギー」とした。

PP の場合は最終的に焼却されるとしたシナリオにしたがい、PP 自体の燃焼による CO<sub>2</sub> も含まれている。



### 3. 水消費量

水消費量の比較結果を図-3（次ページ参照）に示した。PLA の製造工程での水消費量は単位重量で比較すれば PP よりも少ないが、カップ重量が重いので、カップ 1 個・1 回あたりとしては、PP よりも PLA の方が多くの水を消費している。

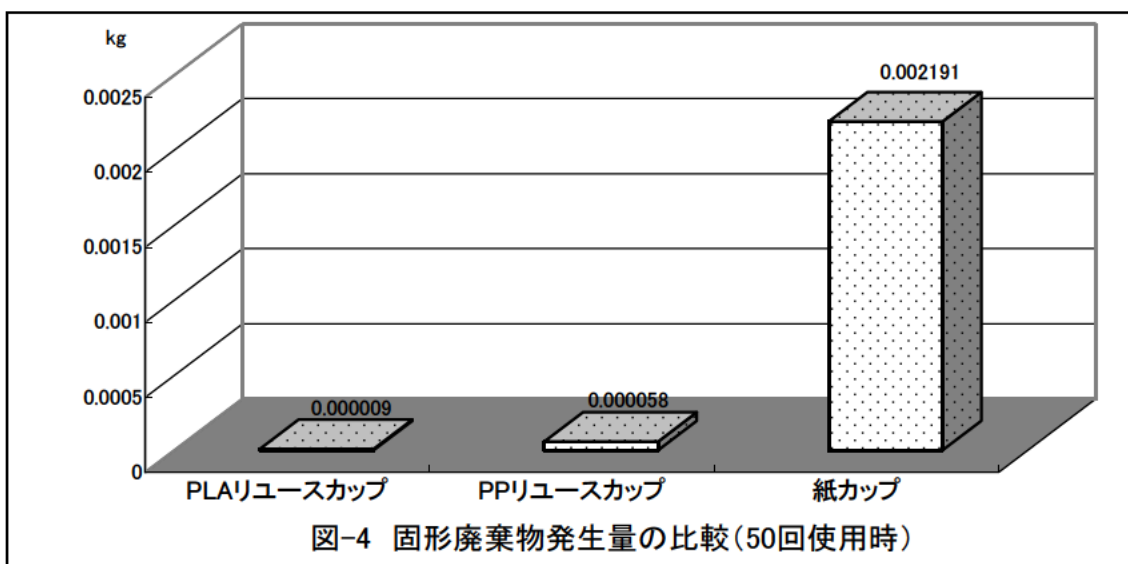
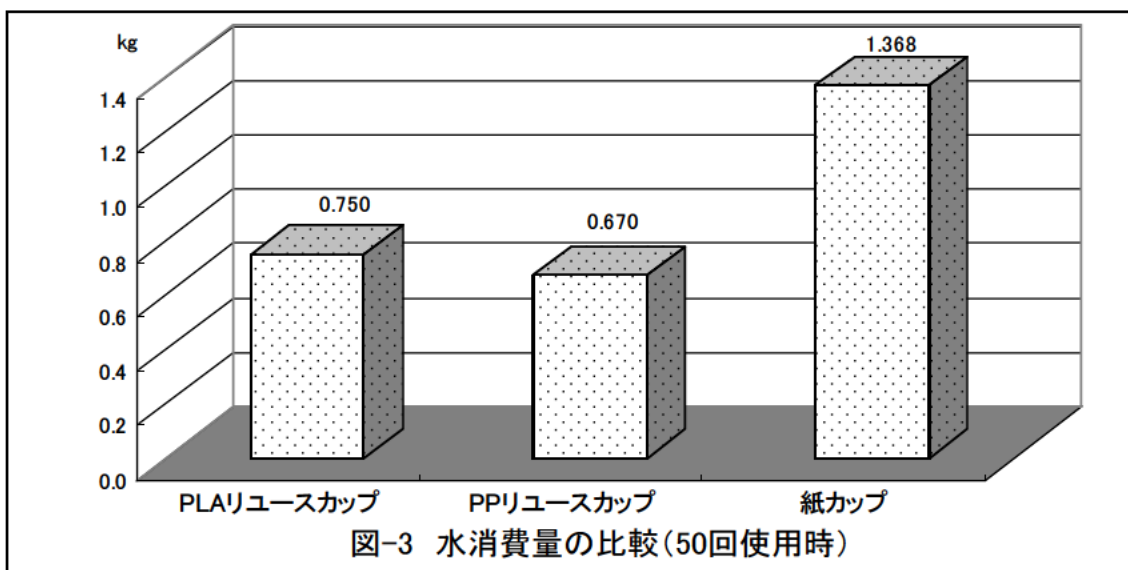
紙カップは製紙段階で水を大量に消費するため、三つの素材の中では一番消費量が大きいという結果になった。

### 4. 固形廃棄物発生量

図-4（次ページ参照）に示す廃棄物発生量では、PLA カップが最も少ない。これは製造工程での排出量が少ないことと、100%二次材料としてリサイクルされるためである。PLA は高価なため、経済的な点からリサイクルは強く推進されると考えられる。紙カップの固形廃棄物発生量が多いのは、紙に含まれるフィラー<sup>4</sup>が焼却後固形無機物として廃棄されるからである。

---

<sup>4</sup> 充填材。光沢等を出すために添加される粘土やカルシウム等の無機物。



5. 使用回数によるエネルギー消費量の変化

PLA カップのリユース回数の違いによる 1 回あたりのエネルギー消費量の変化を使い捨て紙カップと比較したものを図-5 に示した。5 回の使用でほぼ紙容器と同じであるが、20 回、50 回、100 回と使用回数が増えれば増えるほど 1 回あたりの使用エネルギーは減少する。回収率を高め、長く使用することが重要であると言える。また参考までに図-6 に PP リユースカップの場合でのエネルギー消費量の変化を示した。

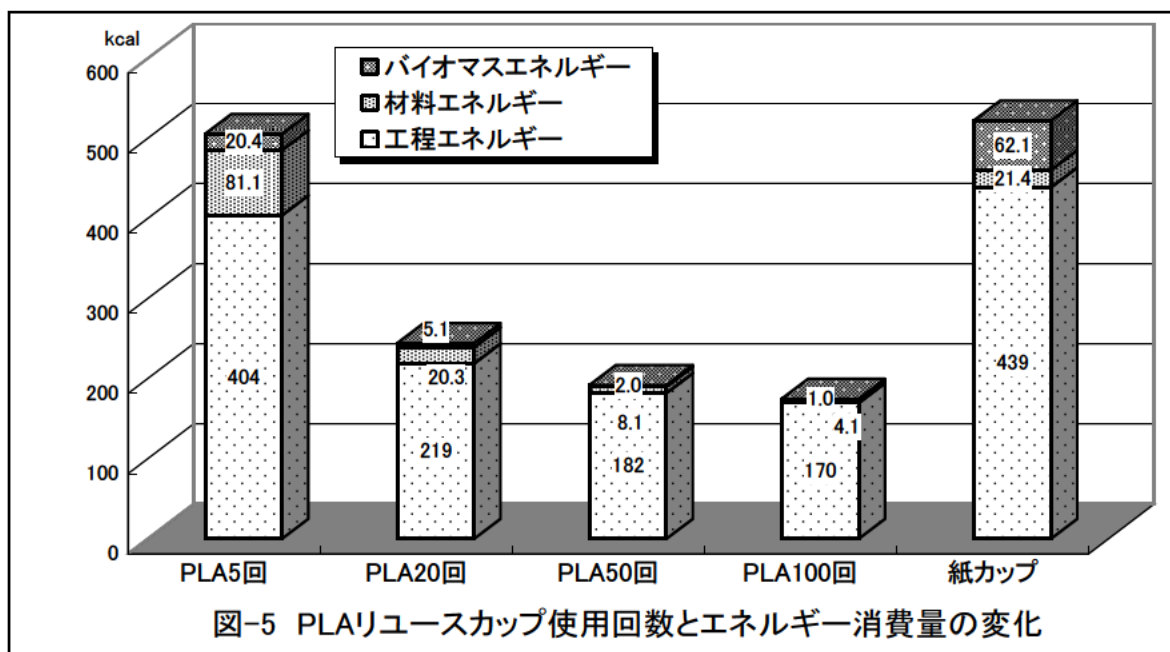


図-5 PLAリユースカップ使用回数とエネルギー消費量の変化

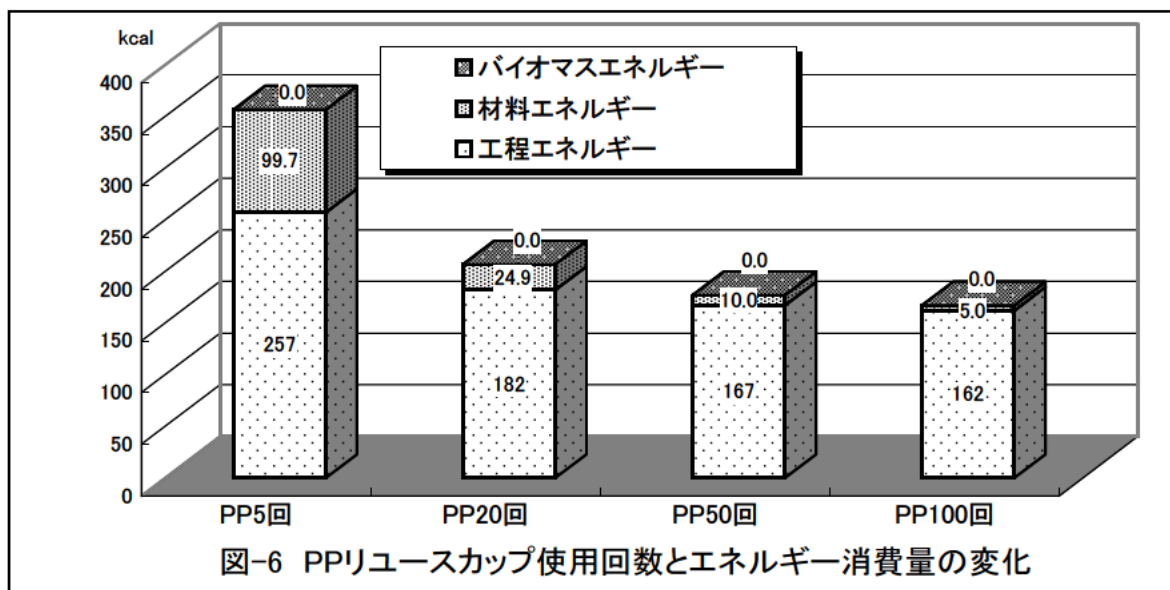
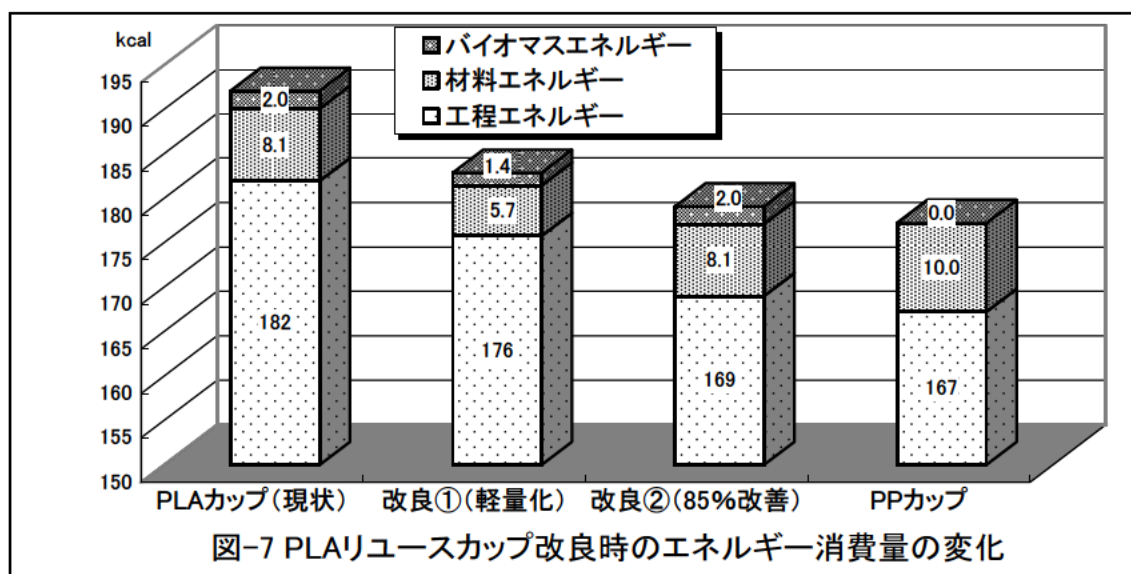


図-6 PPリユースカップ使用回数とエネルギー消費量の変化

#### 第 4 節 まとめ

今回行った環境負荷の評価からは、PLA リユースカップは 20 回の使用で、使い捨て紙カップに比べすべての評価項目（エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量、水消費量、固形廃棄物発生量）において環境負荷が小さくなることがわかった。しかし、PP リユースカップと比較した場合には、固形廃棄物発生量においては環境負荷が低かったものの、その他の項目では環境負荷が大きかった。とはいえ、PLA は土に埋めれば分解されるという優れた特長を持っており、脱石油社会に向けて PP 等の石油系プラスチック素材に替わる可能性を大きく持つ素材である。生産技術、材料特性の改良に期待したい。

参考情報として、①将来 30%の軽量化がなされた場合、また②工程エネルギーが 85%改善された場合<sup>5</sup>のエネルギー消費量の変化を図-7に示した。ちなみに、今回カップ成型を担った（株）台和では、パルプの混合比重を上げることによる強度・耐久性の改善（軽量化）を視野に入れており、今後検討・実験が行われる予定である。



<sup>5</sup> Vink (PLA 出典参照) の公開データによれば、PLA の製造工程エネルギーは、自然エネルギーやバイオマス発電の推進等により、現行の 54GJ/t-PLA から近い将来の目指すべき値を 7GJ/t-PLA としており、85%程度の改善を視野に入れている。