

# H122

## バイオマス由来樹脂製造プロセス設計における ライフサイクル評価

(東大工)○(正)菊池康紀\*・(学)眞弓和也・(正)平尾雅彦

### 1 緒言

樹脂原料にバイオマスを用いる場合、従来の化石資源原料と比べ、ライフサイクルでの環境負荷削減が求められる。環境に配慮して製品設計や原料計画、プロセス設計を行うには、計画段階からライフサイクルアセスメント (LCA) により環境負荷を定量化し考慮する必要がある<sup>[1]</sup>。本研究では合成経路、バイオマス原料調達先などのバイオマス由来樹脂製造プロセスの設計、管理項目と環境負荷の関係を解析する。

### 2 ライフサイクル評価の目的と調査範囲

サトウキビ由来のポリエチレン (PE) とポリプロピレン (PP) を例に環境負荷の解析を行った。製品設計段階でサトウキビエタノールの潜在的な有効性を検討するため、表 1 に示す条件で LCA を実施した。PE の原料となるエチレンはエタノールの脱水反応から、PP の原料となるプロピレンはエチレンの二量化反応およびメタセシス反応から得ることとし、二量化反応にお

ける反応条件とメタセシス反応の有無が異なる Case 1 ~ Case 3 の合成経路についてライフサイクルでの GHG 排出量を評価、比較した。機能単位はバイオエタノール 1L から PE、PP を製造することとし、合成経路に応じて PE、PP や他の製品の製造量は異なる。原料生産やエタノール製造については既往の研究におけるインベントリデータ<sup>[2]</sup>を、エチレン等のオレフィン製造についてはプロセスシミュレーションによるインベントリ推算<sup>[3]</sup>の結果を用いた。また、原料生産段階では、土地改変による土壌からの CO<sub>2</sub> 排出の有無と窒素肥料の投入による畑からの N<sub>2</sub>O 排出による総 GHG 排出量の変化を解析した。

### 3 評価結果

化石資源由来製造からの GHG 排出変化量の評価結果を図 1 に示す。図 1 では、バイオマス由来製品により化石資源由来製品が代替されると仮定して、化石由来製造に起因する負荷を減じている。表 2 に各 Case における製品別製造量を示す。図 1 からオレフィン製造においてはメタセシス反応における負荷が大きく、メタセシス反応を含む Case 1 および Case 3 が含まない Case 2 よりも総 GHG 排出量が大きい結果となった。しかし、表 2 に示すように Case 2 では二量化反応後のブテンがメタセシス反応に用いられないため、PE+PP 製造量が最も少ない。これから製品設計では GHG 排出と製造量とのトレードオフを考慮する必要があるといえる。一方、バイオマス原料の生産方法の GHG 排出への感度は合成経路選択と同様に大きいことが分かった。バイオマス由来樹脂製造を環境に配慮して計画するためには、プロセス設計だけでなく、原料調達先の選定も慎重に行う必要があるといえる。

### 4 結言

環境配慮型の製品設計および原料調達先選定を目的として、サトウキビエタノール 1L から PE, PP 樹脂を製造する場合について、合成経路やバイオマスの栽培条件の違いによる GHG 排出への影響を、LCA を用いて解析した。結果から、樹脂の合成経路、栽培条件共に樹脂導入の最終的な意思決定に対して大きく影響していることが分かった。

- [1] 菊池 他, 化学工学会第 75 年会, (2010) E120
  - [2] Macedo I.C. *et al.*: Biomass and Bioenergy, 32(7), (2008), pp. 582-595
  - [3] 眞弓 他, 化学工学会第 41 回秋季大会, (2009) S109
- Tel:03-5841-6876, E-mail: kikuchi@pse.tu-tokyo.ac.jp

表 1 合成経路候補およびライフサイクルシナリオ

合成経路候補	Case 1	Case 2	Case 3
原料生産/樹脂製造	ブラジル(サンパウロ州)		
樹脂使用地	日本		
製造条件	PE, PP製造重量比 PE:PP=1:1		
原料生産	土地改変あり,ブラジルの平均的生産方法		
原料輸送	トラックによる50km輸送		
エタノール製造	ブラジルの平均的製造方法		
脱水反応	概要	エタノール→エチレン	
ライフサイクルシナリオ	概要	エチレン→ブテン,プロピレン,その他	
	反応条件	プロピレン転化率最大	ブテン転化率最大
メタセシス反応	概要	エチレン+ブテン→プロピレン,その他	
	有無	有	無 有
PP樹脂製造	日本の平均的製造方法		
使用地への輸送	陸上50km,海上22000km		

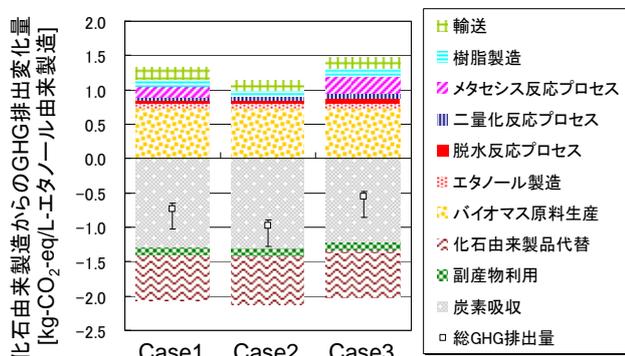


図 1 化石資源由来製造からの GHG 排出変化量評価結果  
(エラーバーは原料生産段階での不確実性を示す)

表 2 製品別製造量

各製造量	Case 1	Case 2	Case 3
PE+PP	0.43 kg	0.32 kg	0.41 kg
ブテン	0 kg	0.11 kg	0 kg
副生物	0.025 kg	0.019 kg	0.048 kg