

地域資源(サンブスギ樹皮)から生産する木質プラスチックのCO₂排出量低減効果について ～千葉産木質プラスチックのライフサイクルアセスメント(LCA)～

千葉県環境生活部資源循環推進課 バイオマスプロジェクトチーム
(協力) (独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター

はじめに

県内の木質バイオマスの利用促進にあたっては、森林に賦存する未利用間伐材、被害材、竹材、及び製材残材(端材、樹皮)を高度利用していく地域資源利用型の木質バイオマス産業を積極的に振興していくことが、里山整備や森林再生といった持続可能な森林保全整備の観点からも求められている。

特に、本県では山武地域を中心に蔓延するサンブスギ非赤枯れ性溝腐病の被害林再生や放置竹林対策などへの施策は急務である。また、これからは「地球温暖化防止森林吸収源対策」を一層推進するために、間伐が積極的に展開されていくことから、林地残材等の大量発生が予想されている。

本県では、これらの未利用木質バイオマスを地域資源として高度利用する「千葉産木質プラスチック」の事業展開を促進しており、「千葉産木質プラスチック」のブランド化や市場拡大によって、未利用木質バイオマスの利活用を増やすことが、地域の森林再生や地球温暖化防止に寄与するものと考えている。

ライフサイクルアセスメント(LCA)によるCO₂排出量の調査

1 一般項目

- (1) 報告書作成者 千葉県環境生活部バイオマスプロジェクトチーム 西野文智
(協力機関) (独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター
- (2) LCA実施者 千葉県(千葉県木質バイオマス新用途開発プロジェクト木質プラスチック部会)
(協力団体) (株)倭和テクノス
- (3) 報告書作成日 2008年3月末日

2 目的と調査範囲の定義

2-1 調査の目的

(1) LCA実施の理由

千葉産木質プラスチック製品(国産バイオマスプラスチック)の持つ環境負荷(CO₂排出量)を定量的に評価することで、木質プラスチック製品の開発や戦略的マーケティングに活用できる基礎的データを得る。

(2) LCAの用途

プラスチック射出成形品市場に供給するプラスチック素材として、石油由来の熱可塑性樹脂及び国産の木質バイオマス由来の熱可塑性樹脂のライフサイクルにおける環境負荷(CO₂排出量)を比較する。

(3) 報告対象者

木質プラスチックの製品開発に取り組む関係機関への資料と、木質プラスチック製品の一般消費者への普及啓発のための情報として提供する。

2-2 対象とする製品システム(比較対象となる製品)

石油由来の熱可塑性樹脂： 一般的なプラスチック「ポリプロピレン(PP:100%)」

国産木質バイオマス由来の熱可塑性樹脂：

千葉県山武市において(株)佼和テクノスが木質バイオマス(サンプスギの樹皮)から製造している木質プラスチック「佼和ペレット」(原料構成比:サンプスギ樹皮70%、PP30%)

2 - 3 製品機能

「汎用の射出成形機と金型の使用により成形できる熱可塑性樹脂」

○ 製品間比較が困難な機能

2つの熱可塑性樹脂の比較できない機能として、木質プラスチックは、強度や耐久性などの点でポリプロピレン製のものに劣っているが、木材に近い「自然の風合い」や「香り」といった特性を持つ製品化が可能であり、ポリプロピレンが持ち合わせていない効果がある。

このような比較できない機能が確認されるものの、国内ではポリプロピレン樹脂を利用した成形品が一般的で市場も広いことから、その一部への代替品として木質プラスチック樹脂の利活用が可能であると判断して、両者の持つ環境負荷(CO₂排出量)を比較した。

2 - 4 機能単位 「熱可塑性樹脂ペレット 1kg」

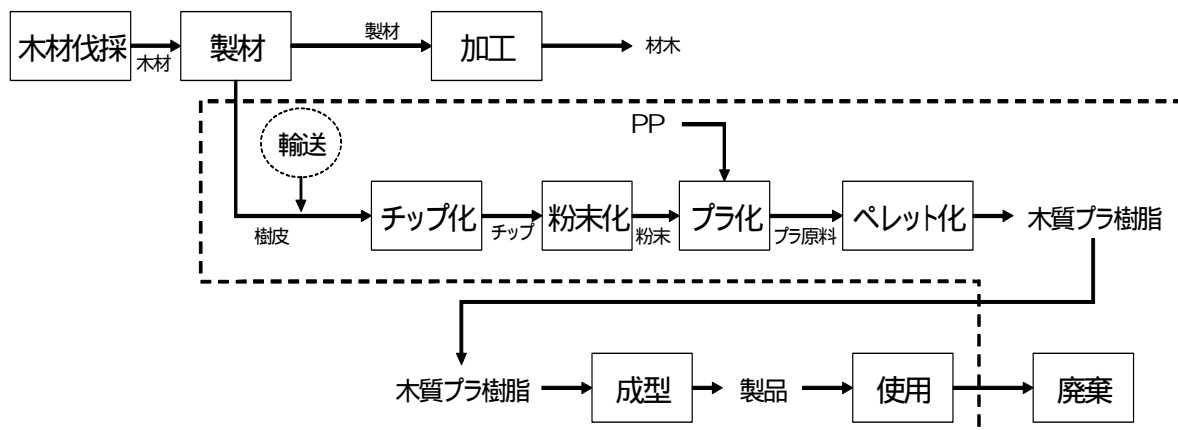
2 - 5 システム境界

調査範囲(システム境界)は、原料調達から熱可塑性樹脂ペレットの製造、製品化(成形・組立)、使用、廃棄までの一連のシステムとして、各プロセスについて評価を行った(図1)。

調査に係る3つの工程

- (1) 原料(採掘、運搬、加工)
- (2) プラスチック樹脂ペレットの製造
- (3) 廃棄(焼却) 焼却に伴うエネルギー回収を考慮

バイオマス由来熱可塑性樹脂(木質プラスチック)の生産プロセス



石油由来熱可塑性樹脂（ポリプロピレン：PP）の生産プロセス

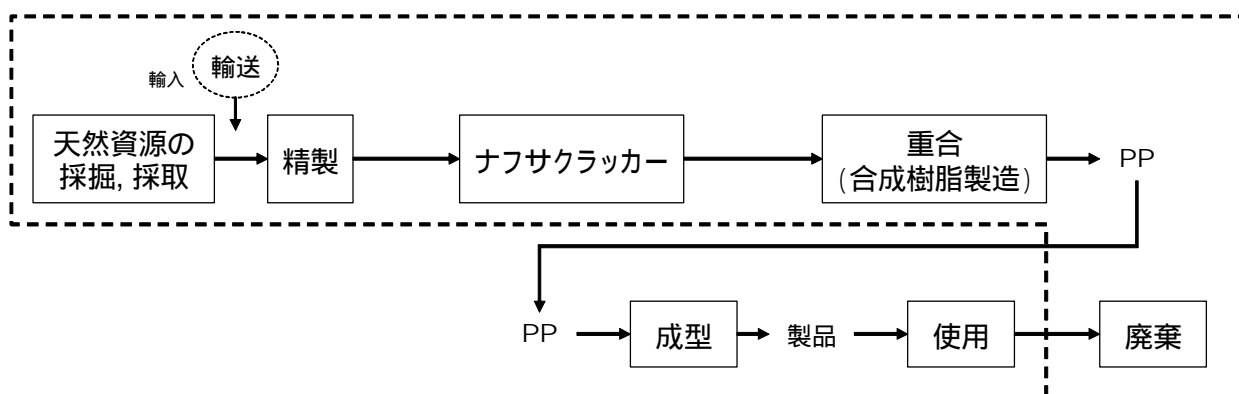


図1 調査対象システムと比較対象システム（点線がシステム境界）

3 インベントリ分析

3-1 インベントリ分析における前提条件

図1で示した ~ のデータ収集に関しては、次のとおり実施する。

ただし、木質プラスチックの原料(樹皮)調達プロセスについては、林業・製材業による木材生産に伴って発生する廃棄物(副産物)を再資源化することを考慮し、樹皮発生時からの輸送プロセス以降のプロセスを調査範囲に含める。また、製品化プロセス(・)、使用プロセス(・)についても、同一の製品を作るため各プロセスが同じになることから、それぞれの差がないものとして調査範囲から除外する。

…原料(樹皮)の輸送から、チップ化、木質プラスチック樹脂ペレットまでの生産プロセスのデータは、現地調査による収集を行う。

データ対象は、輸送及び製造プロセスに係る軽油、電力、原料(樹皮、ポリプロピレン)

輸送プロセスのデータは、現状の原材料収集範囲を参考に半径50km圏において原料収集を行うプロセスとして、4tトラックにより最大の100kmの輸送距離とする。

製造プロセスのデータは、バッチ式処理(数回)を1セットとする3セットの試験により収集する。

…廃棄プロセスは焼却を想定する。焼却時のCO₂排出量は、ポリプロピレン由来を廃プラ由来として計上する。樹皮由来のCO₂排出量はバイオマス由来として取り扱う。

また、焼却時のエネルギー回収を想定し、これにより得られる発電量を計上する。

…比較対象のポリプロピレンの生産システムでのCO₂排出量は、既存の調査データを引用する。

… の算出方法と同様に計上した。

3-2 データの収集・整理

(1) 現地調査

現地調査で得られた実測データ(フォアグランドデータ)については、木質プラスチック1kg当りの最大・最小値及び平均値を整理する(表1)。

表1 調査対象(木質プラスチック生産システム)に関する物質収支量(フォアグランドデータ)

	単位	木質プラスチック樹脂(1kg)			備 考	
		平均値	最低値	最高値		
イン プ ット	サンプスギ樹皮 (生材重量)	wet-kg	1.135	1.122	1.151	原材料(製材残材:産業廃棄物) (原料乾重量比70%のバイオマス)
	熱可塑性樹脂:PP (ポリプロピレン)	kg	0.300	0.300	0.300	原材料(バージン材) (原料乾重量比30%の熱可塑性樹脂)
	軽油	L	0.025	0.025	0.025	原料(樹皮)輸送燃料 (4tトラック×50km往復) 木材粉碎装置(チッパー)燃料
	電力	kwh	1.611	1.551	1.712	粉末化装置 プラスチック化装置 (ペレット化含む) コンプレッサー(水循環等) 場内照明、換気扇
ア ウ ト プ ット	木質プラスチック樹脂 (ペレット)	kg	1.000	1.000	1.000	製品(バイオマスプラスチック) (バイオマス度70%のバイオマス製品)
	電力	kwh	1.195	1.195	1.195	廃棄物発電(発電効率15%)

(2) 木質プラスチック生産プロセスの消費エネルギー量の算定

樹皮のチップ化システム、樹皮チップの粉末化システム、粉末からの木質プラスチック樹脂ペレットの製造システムまでの個別データから、機能単位を基準に物質収支データを単位量(木質プラスチック1kg)当りに整理(樹皮プラスチック生産量で各システムのデータを割り返す)した(表2)。

また、木質プラスチックの生産プロセス(システム境界)における、木質プラスチック1kg当りのインプット及びアウトプットのデータを図示した(図2)。

表2 木質プラスチック(バイオマス度70%)製造プロセスデータ及びエネルギー資材消費係数

	樹皮(生材)	樹皮チップ	樹皮粉末	木質プラスチック ペレット	消費 エネルギー計
湿重量(wet-kg/kg)	1.135	1.135	1.059	1.000	
含水率(Pwet%)	38.3	38.3	33.9	0.0	
乾重量(kg/kg)	0.700	0.700	0.700	1.000	
軽油(L/kg)	0.006	0.019			0.025
電力(kwh/kg)			0.211	1.400	1.611
作 業	4tトラック輸送 (輸送半径50km)	チップ化工	粉末加工	プラスチック化 ペレット加工	
係 数 (単位)	0.05305 (L/t·km)	0.01667 (L/素材 kg)	0.3014 (kwh/素材dry kg)	2.0000 (kwh/素材dry kg)	

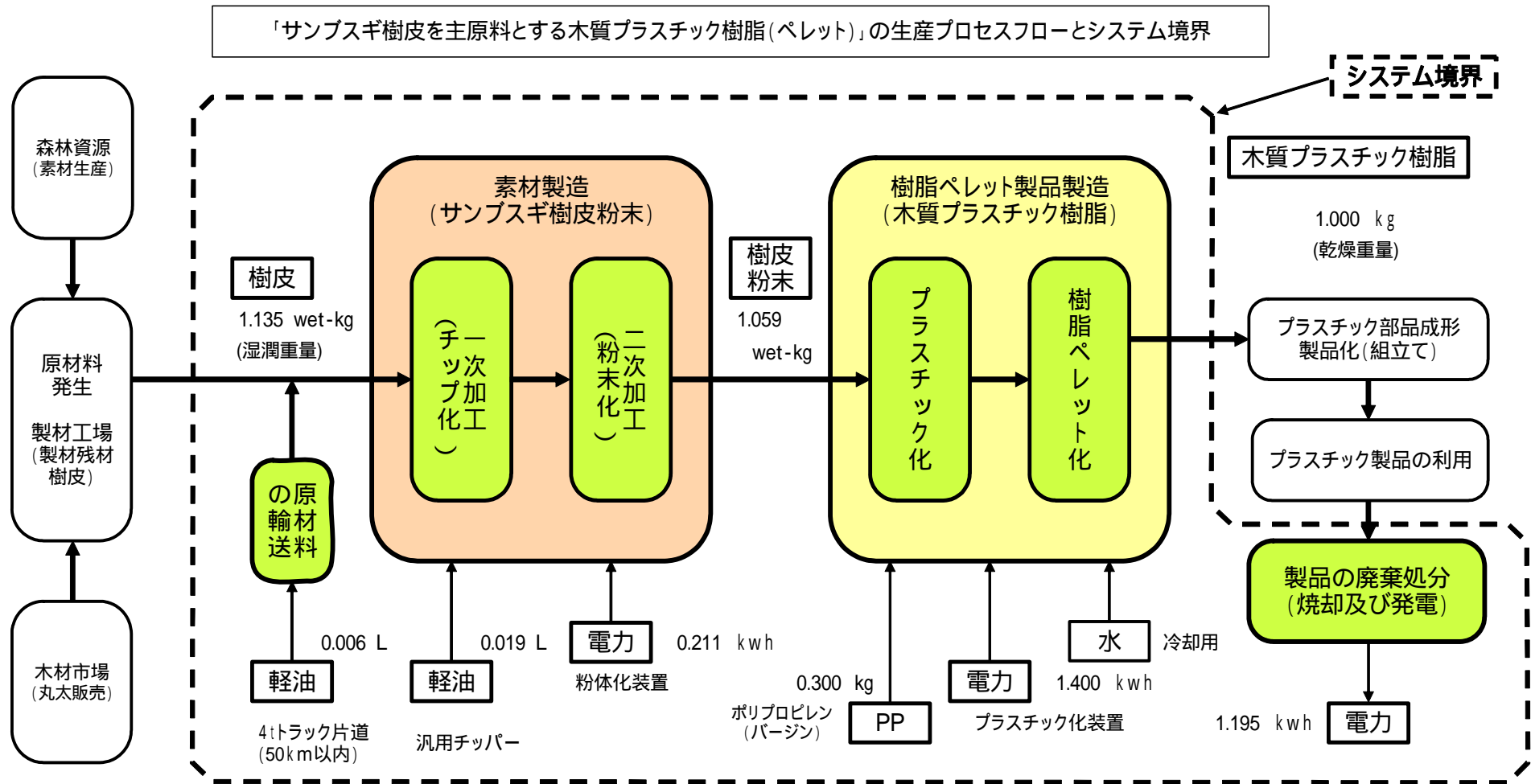


図2 地域資源(サンプスギ樹皮)を主原料とする木質プラスチックの生産プロセスフロー

(3) バックグラウンドデータの収集

木質プラスチック生産システムを評価するために収集したバックグラウンドデータを取りまとめた(表3)。

輸送・生産プロセス及び焼却時のCO₂排出係数とともに、廃棄時における廃棄物発電係数を整理する。

表3 木質プラスチック生産システム等の環境負荷係数(バックグラウンドデータ)

データ項目	係数	単位	(出典)
CO ₂ 排出係数			
(軽油)	2.6779	kg-CO ₂ /L	LCAセンター(LCAソフト、AIST-LCAver.4のデータベース)より、「軽油のCO ₂ 排出係数(東京電力地域)」よりのデータを引用
(電力)	0.339	kg-CO ₂ /kWh	千葉県での消費電力であることを考慮して東京電力株の排出係数を引用、「電気事業における環境行動計画」
(ポリプロピレン製造)	1.379187	kg-CO ₂ /kg	(社)プラスチック処理促進協会データ「石油化学製品のLCAデータ調査報告書」から引用(原油精製段階(採掘、輸送から)に遡及したポリプロピレン(PP)ペレット製造までの環境負荷データ)
(PP樹脂焼却処理)	0.735	kg-C/kg	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針(資料4)」よりのデータを引用
(樹皮焼却処理)	0.500	kg-C/kg	樹皮(バーク):40-50乾物%(中央畜産会資料より)、木くず(スギ):50.3乾物%(農業工学研究所2007P249-250)を参考
4tトラック輸送	0.05305	L/t・km	LCAセンター(LCAソフト、AIST-LCAver.4のデータベース)よりのデータを引用、単位当りの軽油消費量
廃棄物発電係数			
(PP低位発熱量)	46.62	MJ/kg	http://www.e-rpf.jp/topics/08.html
(樹皮低位発熱量)	21.00	MJ/kg	http://www.e-rpf.jp/topics/08.html 含水率0%の樹皮の発熱量として同じ加工品であるベニア・合板・化粧版の数値を使用)
(熱量当たり発電量)	0.28	kWh/MJ	http://www.kyoto-u.ac.jp/kankyo/documents/report2007s_27.pdf
(発電効率[-])	0.15		ごみ処理施設の一般的な数値(ペレットで製造した製品は、可燃ごみとして、他のごみと一緒に燃やすことを想定)

3-3 インベントリ分析結果

収集した実測データ(フォアグラウンドデータ)と各種資材の環境負荷排出係数(バックグラウンドデータ)を利用して、木質プラスチック1kg当りのライフサイクルにおけるCO₂排出量を算出し、比較対象とするポリプロピレン(PP)のCO₂排出量を合わせて整理した。

(1) 木質プラスチックの環境負荷(CO₂排出量)の分析

各種投入物質にそれぞれの環境負荷排出係数を乗じてCO₂排出量を求めて整理する(表4、5)。

表4 木質プラスチック(バイオマス度70%)の環境負荷(CO₂排出量)

	消費エネルギー・原料	(単位)	CO ₂ 排出係数	(単位)	CO ₂ 排出量 (kg CO ₂)	備考
軽油	0.025	L	2.6779	kg CO ₂ /L	0.067	
電力	1.611	kwh	0.339	kg CO ₂ /kwh	0.546	
ポロプロピレン製造	0.300	kg	1.379187	kg CO ₂ /kg	0.414	
廃プラスチック焼却	0.300	kg	0.735	kg C/kg	0.809	
廃樹皮焼却	0.700	kg	0.500	kg C/kg	1.283	(カーボンニュートラルとして環境負荷にはカウントしない)
合計					3.119	(1.836)

表5 石油由来プラスチック(ポリプロピレン)の環境負荷(CO₂排出量)

	消費エネルギー・原料	(単位)	CO ₂ 排出係数	(単位)	CO ₂ 排出量 (kg CO ₂)	備考
ポリプロピレン製造	1.000	kg	1.379187	kg CO ₂ /kg	1.379	
廃プラスチック焼却	1.000	kg	0.735	kg C/kg	2.695	
合計					4.074	

(2)木質プラスチックとポリプロピレン(PP)との環境負荷(CO₂排出量)の比較

各プラスチックのライフサイクルにおけるCO₂排出量については、焼却時の発電によるCO₂削減効果を考慮した全体の排出量を算出して、木質プラスチックのCO₂排出量のポリプロピレンのCO₂排出量に対する低減率として評価する(表6)。

なお、環境負荷となる新たなCO₂排出量には、カーボンニュートラルであるバイオマス(樹皮)由来分の廃棄処分(焼却)に伴い発生するCO₂は、カウントしていない。

表6 木質プラスチックと石油由来プラスチック(PP)のCO₂排出量の比較(焼却処分)

PP (PP100%)	発電量[kWh/kg]	1.943		
	CO ₂ 削減効果 [kg-CO ₂ /kg]	0.659		
	全体のCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /kg]	3.415		
木質プラ (樹皮70%,PP30%)	発電量[kWh/kg]	1.195		
	CO ₂ 削減効果 [kg-CO ₂ /kg]	0.405		
	全体のCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /kg]	1.431	環境負荷(CO ₂) 排出量低減率(%)	58.11

4 結果

4 - 1 CO₂の総排出量の比較

(1)木質プラスチックとポリプロピレンのCO₂総排出量の比較

CO₂総排出量の分析結果は、樹皮由来の木質プラスチック(バイオマス度70%)3.119kg CO₂/kg、ポリプロピレン4.074kg CO₂/kgという値となり、CO₂総排出量の単純な比較では木質プラスチックの方が0.955kg CO₂/kg少なく、CO₂排出量を約23%低減することが確認できる。また、製造及び焼却(発電による削減効果分を除く)のどちらの段階においても、ポリプロピレンの方が多いCO₂排出量となっている。

(2)木質プラスチックにおける樹皮由来のCO₂排出量の影響

バイオマス(樹皮)由来のCO₂排出量部分をカーボンニュートラルとした場合には、焼却段階に発生するCO₂排出量が相殺されることから、木質プラスチックのCO₂排出量は1.836kg CO₂/kgとなり、低減率が約55%と高い評価が得られた。

(3)木質プラスチックのCO₂排出量に関する整理

これまでの環境負荷(CO₂排出量)を比較した結果では、木質プラスチックはカーボンニュートラルを考慮しなくても削減的であり、カーボンニュートラルを考慮すると更に低減率が增大することがわかった。

また、廃棄(焼却)時の発電によるCO₂削減効果を考慮した全体の排出量においても、約58%の低減率となる結果が得られている(別途、実測データの最大値・最小値から算出した低減率は55~60%)。

4 - 2 データに関連する前提条件及び限界

木質バイオマスは、その含水率が季節や天候によって変動する素材であることが特徴であり、生の木材においては平均含水率が50~55%となる場合もあり、湿潤な原料ほど加工工程におけるエネルギー消費量が増加して、CO₂の排出量が増加していくことが予想される。

また、木質プラスチックの生産プロセスの実測データは、原料となる樹皮の含水率が約38%(平均値)である条件に得られた値であったことから、この含水率は、製材工場の残材として発生する樹皮としては高めの値であり、乾燥した状態であればエネルギー消費量ももっと減少すると予想されるので、CO₂排出量の削減効果は低めの値に評価されていると考えられる。

5 結論

今回のライフサイクルアセスメント(LCA)評価によって、以下のような比較結果が説明することができる。

『製材工場から発生する樹皮を利活用して生産される“千葉産木質プラスチック”は、石油由来のプラスチック(ポリプロピレン:PP)に比べて、CO₂の排出量を55~60%低減(又は半減)する。』

また、2つのプラスチック素材の比較は、素材の機能に違い(強度、耐久性など)が認められることを前提に評価したものであり、その使用条件などによっては異なる結果となる可能性も否めない。しかし、LCAにおいてCO₂排出量を半減するという結果は、木質プラスチックが環境負荷の削減効果が大きい素材と客観的に評価された指標となるものである。さらに、持続可能な森林経営と連携した森林バイオマスの高度利用を進めることで、森林吸収源対策も加味した総合的な環境対策にも活用できる素材となるものである。

おわりに

今回の調査は、「木質プラスチック」という新規な国産バイオマスプラスチック自体の持つ環境負荷を定量的に評価することで、木質プラスチック製品の開発や戦略的マーケティングに活用するための基礎的データを得るものである。評価方法としては、サンプスギの樹皮を主原料(乾重量比:70%)とする“木質プラスチック”を対象に、ライフサイクルアセスメント(LCA)の手法を用いて環境負荷となるCO₂排出量の調査を実施して、石油由来の熱可塑性樹脂(ポリプロピレン:PP)の環境負荷(CO₂排出量)との比較による相対評価を行った。

その結果は、木質プラスチックが温室効果ガス(CO₂)の排出量を低減する環境負荷の少ないプラスチックであることが確認されたもので、石油由来の熱可塑性樹脂の市場において、その代替品として「木質プラスチック」が積極的に利用される為のインセンティブの一つとなるものであり、その意義は大きい。

また、今回の調査で得られたデータをベースに、これから開発される製品に関するデータを積み上げていくことで、さらに木質バイオマスのLCA情報の充実に図っていきたい。

そして、プラスチック市場において、温室効果ガス(CO₂)の排出量を低減する新たな素材として、さまざまなプラスチック製品に代替利用されることで、地域に根ざした木質バイオマス産業として発展し、森林系バイオマスの高度利用による持続可能な森林整備と地域での地球温暖化防止対策が促進されていくことを期待したい。

最後に、今回のライフサイクルアセスメントは、(独)産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターのご協力を得て実施したもので、計画段階から報告書作成まで全般にわたってご指導をいただいた関係者に感謝申し上げたい。