

政策情報

バイオマスプラスチックの普及と必要な方策について

農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課 酒井 正裕

はじめに

我が国では愛・地球博が2005年3月から6ヶ月間開催され、延べ2,200万人の入場者を迎えた。会場では食器、案内板等、様々なものにバイオマスプラスチックが使用され、バイオマスプラスチックが我が国で初めて大々的に登場する機会となった。しかし、バイオマスプラスチックの普及はこれから大切であり、積極的な普及が望まれる。本稿では最近のバイオマスプラスチックを巡る状況を整理し、バイオマスプラスチックの普及と必要な方策について私見を含めて述べる。

バイオマスプラスチックを巡る現状

(1) バイオマスプラスチックの種類

バイオマスプラスチックはバイオマスから作られるプラスチックである。バイオマスプラスチックについては主

に次のような種類があるが、商用生産されているのは一部に限られる(第1表)。

(2) バイオマスプラスチックの供給状況

バイオマスプラスチックの供給(商用生産ベイス)は、ノバモント社(イタリア・年産2万吨)が製造するでん粉樹脂を除けば、実質的にポリ乳酸(PLA)が唯一と

第1表 主なバイオマスプラスチックの種類

微生物産生系(微生物が菌体内に作るプラスチック)	ポリヒドロキシアルカノエート(PHA)、ポリヒドロキシブチレート(PHB)
化学合成系(バイオマス由来モノマーを化学的に重合するプラスチック)	ポリ乳酸(PLA)、ポリブチレンサクシネート(PBS)
天然物系(バイオマス自体をポリマーとするプラスチック)	でん粉樹脂、酢酸セルロース

いては、トヨタ広瀬工場での生産はあるものの、世界的にも我が国においても実質的にはネーチャーワークス社(米国ネブラスカ州・年産14万トン

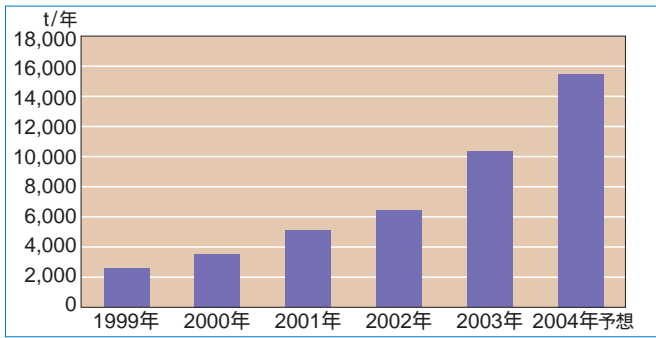
の製造プラント⁽¹⁾の独占状態といつてよい。このような供給状況は以前から問題点の1つとして指摘されてきており、世界的な需要の高まり等から、我が国でも極めてタイトな供給状況となっている。なお、中国では5,000トンクラスのポリ乳酸製造プラント(海正生物材料有限公司)が稼働を開始したとの情報があるが、製造は軌道に乗っていないと考えられ、稼働状況は明らかになっていない。

また、我が国ではテストプラントではあるものの三菱化学がポリブチレンサクシネートを、アメリカではデュポンがバイオベースの1・3プロパンジオールの生産をそれぞれ開始するとともに、日立造船が製造技術の開発状況を踏まえてという条件ではあるものの2009年以降にポリ乳酸(年産10万吨)のプラントをベトナムに、メタポリックス社が2008年を目的にポリヒドロキシアルカノエートのプラント(年産5万トン)をアメリカ・アイオワ州のクリントンに、それぞれ稼働

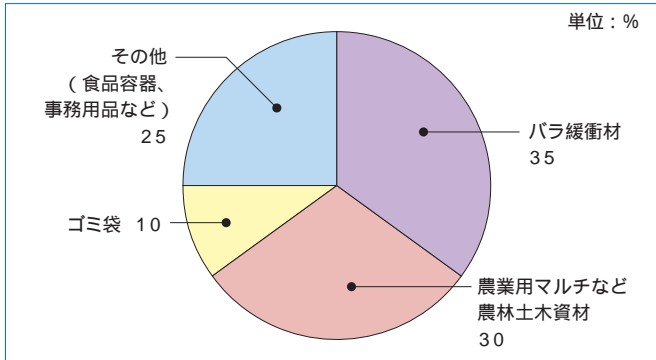
させる予定であるとしている。

(3) バイオマスプラスチックの需要

我が国のバイオマスプラスチックの需要量は、汎用プラスチック(1,300~1,500万t/年)に比べて小さいことから正式な統計は整備されておらず、業界(日本バイオプラスチック協会)の調べが唯一である。これによると、生分解性プラスチック全体で約3万トン(2006年)であり、うち約6割強がバイオマスプラスチックと推定される⁽²⁾。なお、世界の需要量はプラスチック全体では、おおむね我が国の市場サイズの10倍と言われている。



第1図 バイオマスプラスチック国内出荷量の推移
(矢野経済研究所2003年)



第2図 我が国のバイオマスプラスチックの用途

る。また、バイオマスプラスチックは対前年比でみる限り順調に増加しているとはいえず、一般的には期待した程には需要は伸びていないとの話を聞くことが多い(第1図)。

(4) バイオマスプラスチックの利用動向

バイオマスプラスチックのうち、ポリ乳酸についてはポリオレフィン等衛生協議会の自主基準(プラスチック食品容器に関する安全性基準)がつけられ、ポリブチレンサクシネートについても検討中である。この基準は業界の自主基準とはいえ、これらのバイオマ

特にポリ乳酸については、生分解性に関する性質を極力おさえることにより、耐衝撃性、耐熱性などの向上が図られてきた。家電や自動車の内装材などへの利用分野の広まりは、これらの課題解決があつてこそ可能となるものである。

我が国はバイオマスプラスチックのアプリケーション技術において世界の最先端に行くことは歴然としており、それだけに我が国におけるメーカー等のバイオマスプラスチックの利用コンセプトは、ここ2、3年で「カーボンニュートラル」が主流となつてきている。このことは、「生分解性」が注目を集めていることと好対照となつている。

B) これまで実施してきた農林水産省の主な施策

(1) 農林水産省食堂でのバイオマス製食器の試験的利用

平成15年11月から17年3月まで、省内2食堂でポリ乳酸などからできたバイオマス製食器(どんぶり、皿、トレイなど16種類約1,900枚)の試験的利用を実施し、バイオマス製食器を一定期間市中で利用する中で、これらの食品衛生法に関する試験、強度試験、たい肥化・リサイクル試験、利用者へ

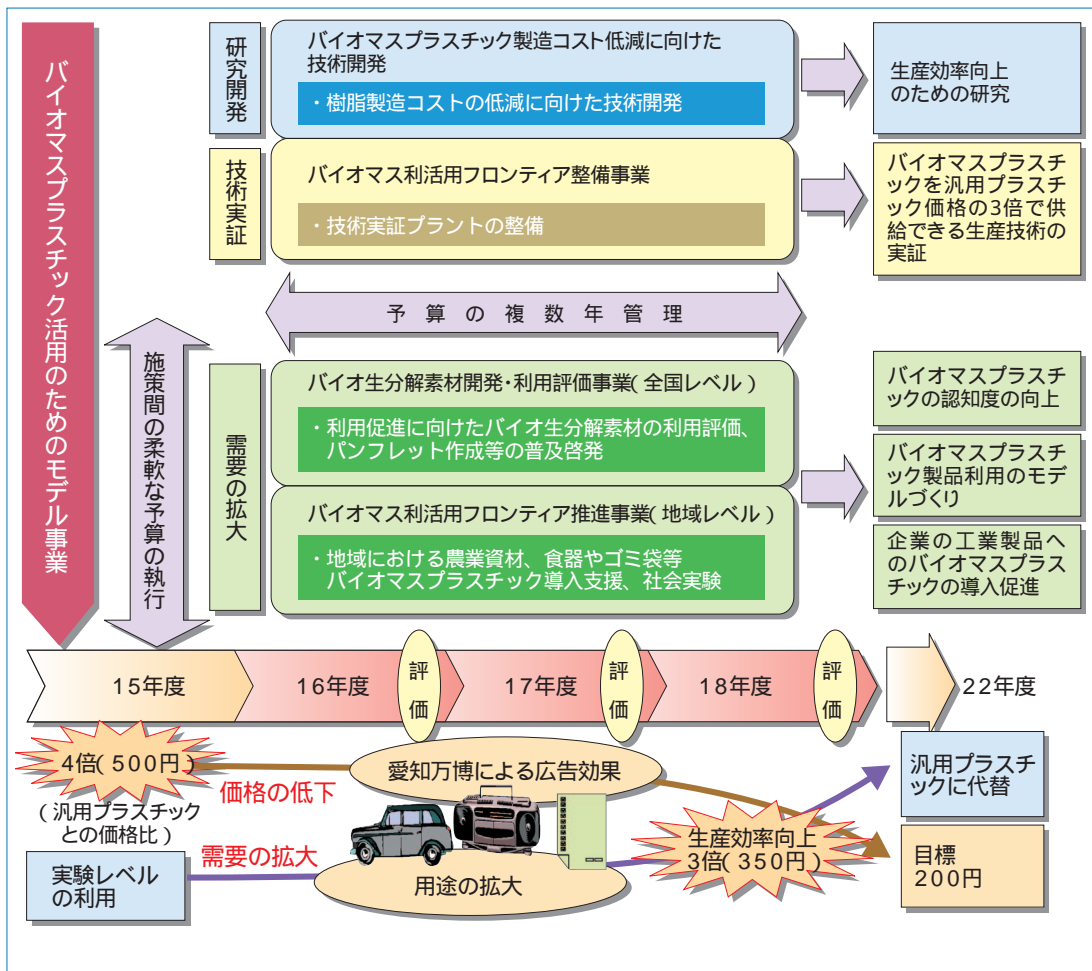
のアンケートを実施した。この試験的利用の成果は、実施した当初、ポリオレフィン等衛生協議会ではポリ乳酸についての基準がなく、この試験的利用がポリ乳酸の基準整備に大きな影響を与えたことである。

また、これまで食品接触に関する安全性基準がなかったバイオマス製食器の衛生安全性立証のための考え方を構築し、この経験が愛・地球博へのバイオマスプラスチック製食器の導入に生かされた。

(2) バイオマス生活創造構想

バイオマスプラスチックは国内に樹脂を製造する設備がないこと、石油由来のプラスチックに比べて高価であること、バイオマスプラスチックの価値が国民に十分に知られていないといった理由から普及が進んでいないという実情があつた。

このため、計画的に国内にバイオマスプラスチックを浸透させ、生活を取り巻く様々な製品への利用を図るため、技術・研究開発、需要喚起、実証施設整備に取り組みべく平成16年度から18年度までの3年間、成果重視事業としてバイオマスプラスチックの生産効率1.3倍(おおむね30%の製造エネルギー削減)とバイオマスプラスチックの認知度50%を目標として事業を実施した(次ページ・第3図)。



第3図 バイオマス生活創造構想

事業内容は、バイオマスプラスチックの生産効率の向上に係る技術開発、の成果を踏まえた実証プラントの整備および実証、全国レベルの普及

第2表 バイオマスプラスチックについての認知

「石油などからではなく、植物などから環境に優しいプラスチックができることについて」の認知 単位：%

区分	認知度		
	平成18年	平成17年	差
知っている	31	35	4
聞いたことがあるような気がする	41	30	11
まったく知らない	28	35	7
計	100	100	0

注：平成18年3月、インターネット調査による。

第3表 バイオマスプラスチックに関する言葉そのものの認知

区分	内容	認知度			
		平成18年度	平成17年度	平成16年度	平成15年度
バイオマスプラスチック	知っている	26	22	14	17
	聞いたことがあるような気がする	29	30	34	30
	計	56	52	48	47
植物からできたプラスチック	知っている	38	37	32	28
	聞いたことがあるような気がする	31	27	29	28
	計	69	64	61	56
バイオベースポリマー	知っている	6	5	5	8
	聞いたことがあるような気がする	19	19	19	19
	計	25	24	24	27

注：平成18年3月、インターネット調査による。

(普及策の検討)、地域レベルの普及(バイオマスプラスチック製品の地域での導入・普及)である。ちなみに、事業成果、課題等は次のとおりである。

i バイオマスプラスチックの認知度 (普及)

インターネットにより調査(母集団47万人、回答数1,027人)した18年度末のバイオマスプラスチックの認知度(石油などからではなく、植物などから環境に優しいプラスチックがで

「知っている」としての認知は、「知っている」としての人が31%、「聞いたことがある」としての人が41%、「まったく知らない」としての人が28%となった。これは、「知っている」としての人は50%には満たないものの、「聞いたことのあるような気がする」としての人と合わせて7割以上の人が一定程度の認知があることも踏まえると、おおむね達成できた結果となった(第2表)。

また、言葉そのものの認知は、「バイオマスプラスチック」、「植物からでき

たプラスチック」とも、年次を追って高まっており、バイオマスプラスチックに関する認知が根付きつつあることを裏付ける結果となった(第3表)。

更に、本事業の普及に關しての成果としては、バイオマスプラスチックの認知度が高まった他、次のような事項を特記しておきたい。

(i) 大手小売業におけるバイオマスプラスチックの利用

本事業によりさまざまな地域・分野でバイオマスプラスチックの導入実証を行ったが、とりわけイオンやユニーといった大手小売業2社が事業を実施したことは、バイオマスプラスチックの成形加工メーカーからエンドユーザーまで、バイオマスプラスチックの積極的な利用・需要拡大に關し、関係方面に大きな影響を与えたと業界筋では言われている。

(ii) バイオマスプラスチックの識別表示制度の検討

バイオマスプラスチックの全国レベルの普及に關して、普及策の検討が行われたが、その成果の1つとして、バイオマスプラスチックの識別表示制度の検討が行われたことである。

検討当時、生分解性プラスチック研究会(経産省所管団体)の生分解性プラスチックの識別表示制度であるグリーンプラマークと新しく検討



第4図 バイオマスマーク

するバイオマスプラスチックマークの差異を消費者は理解しづらいという経産省の主張もあり、調整の結果、バイオマスの表示制度(バイオマスマーク(第4図))として世に出ることとなったが、バイオマス製品の多くがバイオマスプラスチック製品であることもあり、バイオマスプラスチックの普及の大きな成果の一つであると考えられる。

ii バイオマスプラスチックの生産効率の向上

バイオマスプラスチックの生産効率の向上については、平成18年度末の製造エネルギーの削減は41%(3)(第4表)と試算され、事業で設定した目標を達成したが、事業経過も含め整理すると次のとおり。

(i) 事業経過

事業開始当初、実証プラントの整備はそれぞれの技術開発グループ(北海道、山形、福岡)で3か所を予定していたが、北海道は技術開発が進捗しなかったこと、福岡は当初参画した主要企業が資金難で脱落したこ

第4表 バイオマスプラスチック(ポリ乳酸)の製造エネルギー削減効果の試算値

(平成18年度結果)

研究開発グループ	糖化	発酵	精製	重合	原料からポリ乳酸製造までの製造エネルギー削減効果(計)	備考 (実施主体、プラントの所在地)
福岡	-	-	30	5	35	(株)武蔵野化学研究所 (茨城県北茨城市)
山形	5	1	25	-	31	(株)シー・シー・ワイ (山形県米沢市)
事業全体の進捗状況	5	1	30	5	+...+ 41	

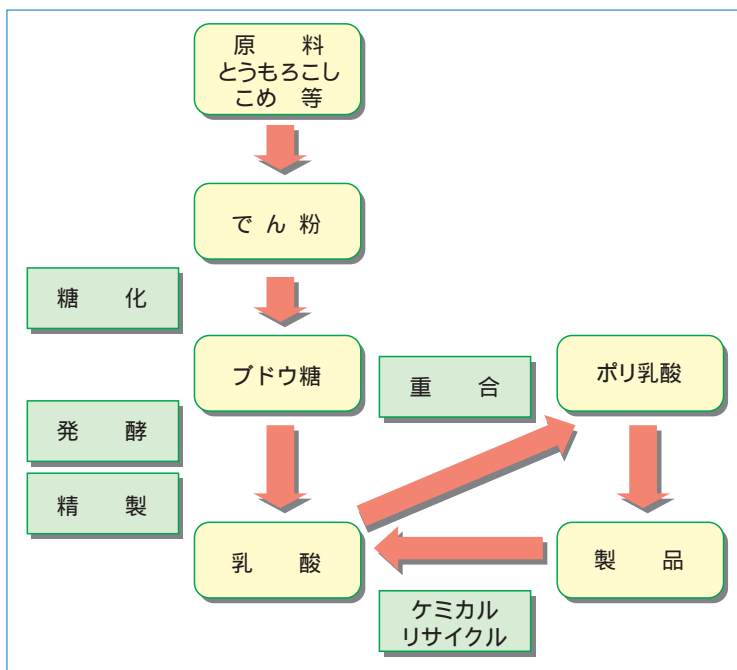
注: 事業全体の進捗状況は、各製造工程ごとに数値の大きい研究開発グループのものを採用した。

とから、事業規模は当初の予定から縮小することとなり、実証プラントの整備は結果として、(株)シー・ワイ(山形県米沢市)の古米から乳酸カルシウム(乳酸の誘導体)を製造するもの、(株)武蔵野化学研究所(茨城県北茨城市)の使用済みポリ乳酸



整備したプラント外観 (株)シー・シー・ワイ(左)と(株)武蔵野化学研究所(右)

を熱分解して元のポリ乳酸樹脂に戻すもの(ケミカルリサイクル)(写真)の2つとなった。
(ii) 事業成果
(株)武蔵野化学研究所のケミカルリサイクル(熱分解法)のプラントは、



第5図 ポリ乳酸の製造工程とケミカルリサイクル

注：ケミカルリサイクルした場合は、農作物から製造するよりも製造工程を省略できることから、製造エネルギーを低減できる。

これまで一部の大学での実験室レベルでの研究はあるものの、実証規模で整備されることは世界初である。この技術を用いると、とうもろこしなどの農作物を原料として製造するよりも製造エネルギーが3分の1程度で可能であるだけでなく、再生すると純度の高いラクチド(乳酸の

二量体)を得ることができるところから注目される(第5図)。

(株)武蔵野化学研究所の実証プラントの生産能力は、ラクチドが120トン/年、ポリ乳酸が20トン/年であることから、スケールアップした条件での重合技術(乳酸からポリ乳酸を製造する技術)の向上や使用済みポリ乳酸の収集体制が確立されれば、商用化に向けて大いに期待される技術である。

また、(株)シーシーワイの実証プラ

ントについては製造エネルギーを削減するため、糖化・発酵時の効率的な攪拌技術、発酵工程での酸度調整に用いるアンモニアの効率的除去技術、乳酸のエステル化における酵素の利用などが柱となっており、さまざまなプラントにも応用の効く技術である。

(iii) 商用化に向けた技術的課題

中国・海正生物材料有限公司のポリ乳酸プラントの製造は軌道に乗っていないと考えられることや、ネーチャーワークス社がポリ乳酸製造技術のボトルネックを解消するために設備の大幅な改造に着手したことなどから分かってきたことだが、実験室レベルで製造できても、商用ベイスで一定の品質のポリ乳酸を安定的かつ大量に生産することは現状では思いの外難しい(4)。

良質のポリ乳酸を安定的に製造するには、一説にはいかに純度の高い乳酸を製造するかにかかっているとされていることから、農作物原料から一貫して製造できる可能性のある企業は世界的にも限られている可能性がある。したがって、単に製造エネルギーを削減し生産効率を向上するだけでは商用ベースのポリ乳酸の製造は困難と考えられ、各製造工程の製造物の質の向上が不可欠である。その面では、(株)シーシーワイの技術は精製工程までの技術の実証ではあるが、現状のプラントで製造した乳酸エステル(純度95%)では、これをそのまま用いてポリ乳酸を製造することは難しいと想定され、今後、更なるスキルアップが必要である。

また、技術的課題としてはこの他、より質の高いポリ乳酸を如何に乳酸

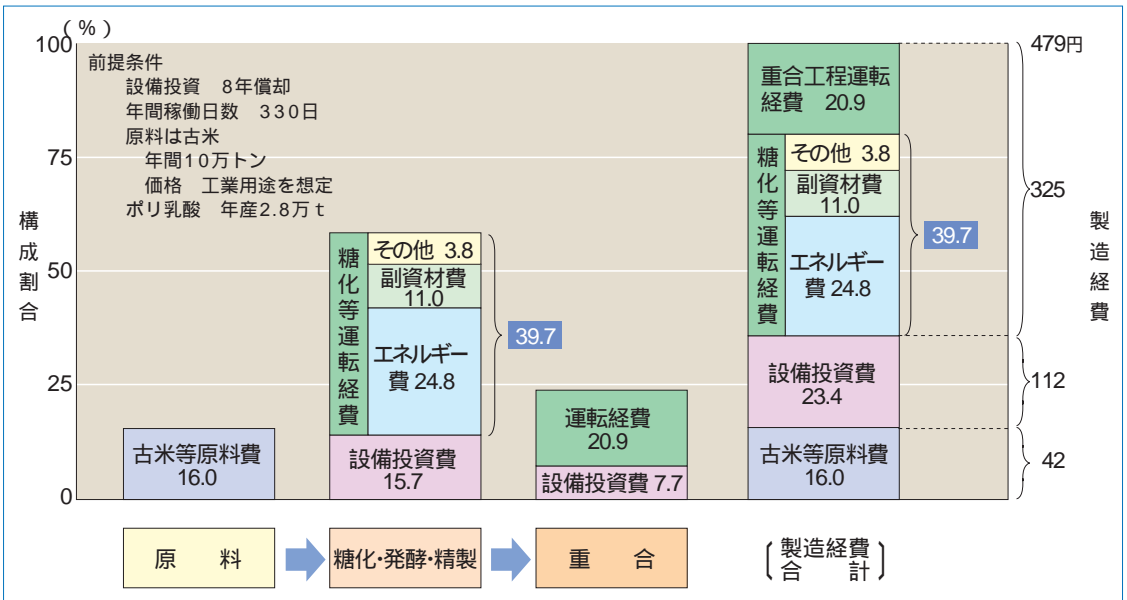
から効率よく製造するかという重合技術を一定規模のスケールで実証する必要がある。本事業では(株)武蔵野化学研究所の実証プラントにその工程を整備したが規模は20トン/年と小さく、将来、5,000~10,000トン規模の商用生産を念頭に置いた場合、更にスケールアップ(500~1,000トン/年)した実証が必要であると考えられる(5)。

4 バイオマスプラスチックの今後の普及方策

これまでバイオマスプラスチックを巡る現状とこれまで実施した施策を整理してきたが、このことを踏まえ、ポリ乳酸を例に挙げると、次のような普及方策が望まれると考える。

(1) ポリ乳酸樹脂の供給体制整備

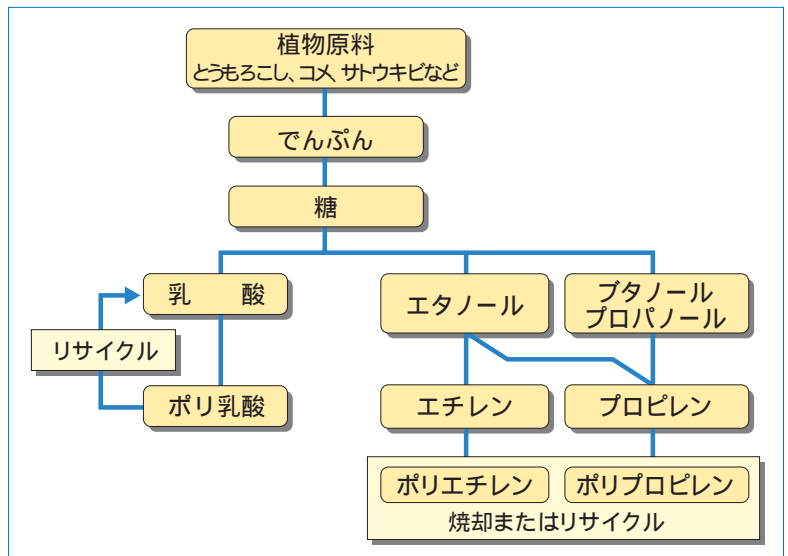
バイオマスプラスチックの主流をなすポリ乳酸については、先に述べたとおり樹脂の供給体制を改善する必要がある。国内でバイオマスからポリ乳酸樹脂を製造することは国内のバイオマス資源の有効利用、技術開発の面から望ましいことではあるが、採算性を考えると新しい効率的な製造技術の適用が不可欠であるとともに、需要が今後大きく増加すると考えた場合、海外か



第6図 ポリ乳酸樹脂1kg当たり製造経費(従来の製法で試算)

らの供給も視野にいれなければならぬ(第6図)。
 バイオマスの資源量は世界的に見て

とも考えられる。
 バイオマス資源の確保という点では、
 バイオエタノール等からポリエチレン



第7図 バイオマスからプラスチックの製造過程

アジアのポテンシャルが極めて高いことから、ネーチャーワークス社独占の供給体制を打開するためには、我が国の企業がこれまで培ってきた技術を生かし、力を結集してアジアにおいて安定的な生産拠点を作るといったこと

(2) バイオマスプラスチックのリサイクルの推進

ポリ乳酸はケミカルリサイクルを実施した場合、とうもろこしから作るよりも製造エネルギーが3分の1程度しか必要としないことから、生産規模が年産5、000トン以上であれば、環境負荷低減・価格の両面からネーチャーワークス社に対抗できると考えられて

やポリプロピレンを製造する技術も同様である(第7図)。いずれにせよ早晩、グリーン・ケミストリーの技術が向上すれば、世界的な規模でバイオマスの質量、収集体制を踏まえたバイオマス資源の確保が問題となることは自明であることから、この点についても十分留意し、バイオマスの供給国との協調の上で

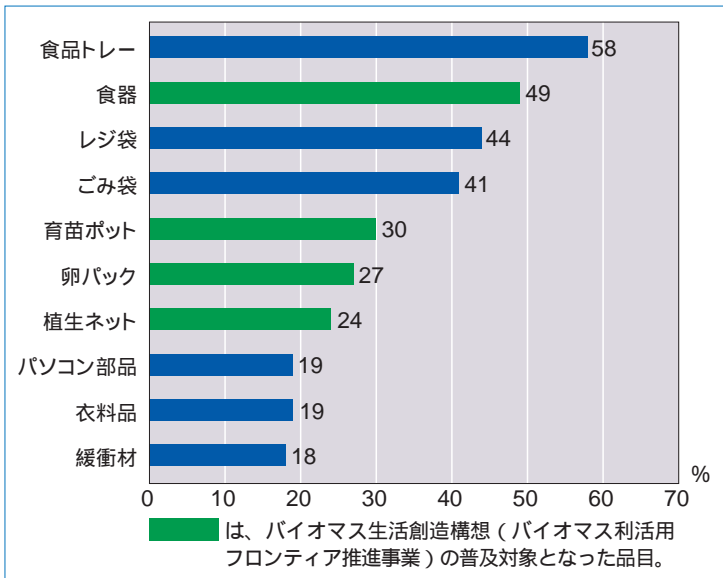
(3) バイオマスプラスチックの効果的な普及方策

「バイオマスプラスチックがどのような用途に利用されていることを知っているか」を調査した結果、注目されることは食器、卵パック等の割合が高いことである。

この理由としては、愛・地球博でバイオマスプラスチックが食器に使用されたこと、卵パックについては農林水

いる。したがって、国内ではマテリアルリサイクル(使用済み製品などを回収し、利用しやすいように処理して、新しい製品の材料もしくは原料として使うこと)やこの技術を用いてポリ乳酸需要の一部を賄うようにすることが望ましいと考えられ、国内において使用済みポリ乳酸を効率的に収集する社会的システムづくりが重要であると考える。

また、生分解性を持つこれらの素材の普及が、その素材の性質(野外に放置しても、いずれは微生物が分解して消えてなくなる)ゆえに「使用者のポイ捨てを助長する」とする考え方が未だに根強いこと、収集する手間を踏まえるとむしろ環境に悪いのではという考えもあることから、適切なLCA(ライフサイクルアセスメント、以下同じ)評価を行いながら進めていくことが不可欠である。



第8図 知っているバイオマスプラスチックの利用用途(重複回答)

注: インターネット調査(平成18年3月調査)による。回答の対象はバイオマスプラスチックがいろいろな用途に利用されていることを「知っている」または「聞いたことがあるような気がする」とした人(全体の59%)であり、質問した28品目のうち上位10品目の割合

産省がバイオマスプラスチックの地域への導入に際し、補助事業を実施していることが大きな要因となっている(第8図)。

特に、回収が容易な卵パックについては、リサイクルの仕組みと組み合わせることで牛乳パックと同様な消費者運動につながっていくことが最も効果的と考えられる(7)。このような取組を進めてい

く一方で樹脂の性能を一層改善し、リサイクルを念頭に置いて、自動車や家電製品の適用範囲を一層広げていくことが理想的であろう。また、その際には、自動車や家電などで行われているようなケナフ等を用いて性能を改善したポリ乳酸はリサイクル性に欠けるため、この点を考慮した技術開発が望まれる。

(4) 容器包装リサイクル法(容リ法)

容リ法では、ポリ乳酸はとうもろこしなどの天然物からできているにもかかわらず、容リ法上のプラスチックの定義である「高分子を必須成分として含み、加工時に流動性を利用して、賦形・製品化する材料」に当たらないため、現行の「その他のプラスチック」に分類され、回収後は原則マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルされることとなっている。このため、再商品化の義務が発生する仕組みとなっている(8)。

ポリ乳酸の製品を普及するためには、ポリ乳酸が自然物としてコンポスト化やサーマルリサイクル(廃棄物を焼却して得られる熱エネルギーを回収すること)を認めるとともに、ポリ乳酸の包装資材を使用した場合、再商品化の義務が生じない仕組みとなれば急速に普及すると考えられる。しかし、このことは生分解性を有する素材が使い捨てを助長するという考え方が根強いことや市町村における分別収集体制が整備される中で社会的に賛同が得られないとすれば、適切なLCA評価を行いつつ、卵パックなどの特定の容器を用いて小売店舗での自主回収ルートを作ることにより対応するのが現実的であると考える。

(5) グリーン購入法

グリーン購入法の目的は、国等における環境物品等の調達の推進を目的としているが、バイオマスプラスチックに絞って見ると次のような問題があり、特定調達品目にポリ乳酸の製品が少ない理由となっている。

特定調達品目の審査基準は製品(提案された品目)ごとのLCA比較である。このため、LCAデータの無いものは特定調達品目の検討対象とはならない。しかも、バイオマスプラスチックでLCAデータが整備されているのは実質的にはポリ乳酸し

かないこと、再生プラスチックと比較する場合、再生プラスチックの樹脂そのものの石油使用量はゼロとして評価されることなど、実際のLCA評価に当たっては不利な面が多い。

グリーン購入法の対象は、一定程度世の中に出回っており、どこでも入手可能なものに限られる。このような条件があるため、仮に環境に優しい製品であっても一部の地域で出回り始めたばかりの製品は対象とならない。

なお近年は、ほぼ同等のLCA評価であればポリ乳酸等のバイオマスプラスチック製品を特定調達品目に認める傾向にあるが、製品の供給体制もネットワークとなっている。今後、グリーン購入法によりポリ乳酸を始めとしたバイオマスプラスチック製品の購入を推進するためには、まずLCAデータを整備することが急務であるとともに、購入者に対する情報提供やメーカーの製造・受注体制についても一層充実していくことが必要である。

(6) バイオマス製品の表示制度の普及

平成18年8月から本格運用を開始したバイオマスマークは、バイオマスを利用した製品につけることができるマークである。このバイオマスマークによる表示制度設立の目的はバイオマス製品の利活用推進であり、平成19年6月

未現在で120アイテムを超える製品が登録されている。また、本制度の特徴は製品中に含まれるバイオマスの割合（以下、「バイオマス度」という）を1%単位で表示できることである。この制度の普及・信頼性の確保に限らず、将来、バイオマス製品の国内外の流通の増大を想定した場合、製品のバイオマス度を正確に測定するオーソライズされた技術が必要である。

世界的な動きをみても、日本ほどではないにしても「カーボンニュートラル」への関心がようやく持たれ始めており、いわゆる「バイオマス度」に関する実用的な基準を作る動きが近い将来活発化してくると考えられる。現状は、バイオマス度の測定方法は米国材料試験協会（American Society for Testing and Materials）材料試験方法、ガイドライン等に関する標準化を担当する米国の標準化開発組織）にその規格の概略が規定（放射性同位炭素量の測定⁽⁹⁾による。）されているが、今後は、この測定技術の実用化に向けた研究が最も進んでいる我が国が中心となつて、国際的な協調のもとに測定技術の基準・規格化を早急に進めることが重要である⁽¹⁰⁾。

注記

(1) 年産14万トンはネーチャーワークス社の公表値である。

(2) ここでは、石油から製造される酢酸とバイオ

マスであるセルロースから製造される酢酸セルロースを含めていない。

なお、ダイセル化学工業(株)は、近年、酢酸をバイオマスから製造することにすべてバイオマスを原料とした酢酸セルロースの開発に成功している。

(3) 生産効率の試算の比較対象は、ネーチャーワークス社のポリ乳酸製造に係るLCA評価データである。

なお、実証プラントの試算は、稼働データに基づき実証プラントの規模がネーチャーワークス社並みの規模に拡大したものと、製造工程ごとに行った。

(4) 製造した乳酸を重合してポリ乳酸にする際、不純物が存在するとポリ乳酸の分子量は大きくならない。ポリ乳酸の質は分子量に大きく左右されることから、分子量が大きくならな

い場合、高品質のポリ乳酸の製造は非常に困難となる。また、低分子量のポリ乳酸は接着剤などの用途に限られ、価格的にも高分子のものに比べ安くなる。

(5) ㈱武蔵野化学研究所は乳酸の製造においてはトップメーカーであることもあり、ポリ乳酸の製造についてはこれまでの経験から技術的にはおおむね目途が立ったとしている。

(6) ポリ乳酸を年産5万トン生産すると、キヤッサバで試算すると36万トン必要であり、それに必要な耕作面積は約2万ha（おおむね八郎潟の面積）と試算される。ちなみに、タイ国ではキヤッサバの生産は年間2,000万トン前後であり、600万〜800万トンを輸出している。

(7) 卵パックをすべてポリ乳酸樹脂で製造した場合の使用済みポリ乳酸の予想回収量

我が国での卵パックの使用量は年間20億枚（パルプモールド製品等を含む）といわれており、1枚15gとすると、3万トンのポリ乳酸樹脂が必要となり、回収率20%で年間6,000トンの使用済みポリ乳酸が回収される。この結果から、卵パックだけでもリサイクルス

テムを作ることが可能である。

(8) 容り法において、例えばセロファンは自然物として扱われているため、再商品化の義務はなく、ユーズーは再商品化のための料金を支払う必要はない。

これに対して、バイオマスプラスチックはともろこしなどの自然物からできているにもかかわらず、容り法では「その他プラスチック」として扱われ、石油系のプラスチックと同様、再商品化の義務が課せられている。

(9) バイオマスには質量14の炭素（放射性同位元素）が微量ながら含まれており、時間が経過することにより放射壊変を起し、長い年月を経て徐々に減少する（半減期5730年）。

このため、数億年前に生成された石油等の化石資源には質量14の放射性同位炭素は含まれない。

(10) バイオマスは「再生可能な有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義されるが、我が国では貝殻や卵殻などの無機性資源も食器、チヨーク、靴底などさまざまな製品に利用されている。このよつなことから、産業育成上は貝殻や卵殻などは廃棄物系バイオマスに位置づけるのが適当であると考えるが、世界的には認知されていない。

このため、我が国の事情を踏まえると、バイオマス度の測定方法の基準化に当たっては一般的なバイオマスに含まれる有機性炭素と貝殻などに含まれる無機性炭素とをそれぞれ分けて行う必要がある。

【引用文献】

『平成15年度バイオ生分解素材開発・利用評価事業報告書』（平成16年3月）日本有機資源協会

『平成16年度バイオ生分解素材開発・利用評価事業報告書』（平成17年3月）日本有機資源協会

『平成17年度バイオ生分解素材開発・利用評価

事業報告書』（平成18年3月）日本有機資源協会