植物由来プラスチックのリサイクル事業化について

株式会社　荏原製作所
法人会員
近藤　和博

１．概要

CO2 削減が求められている中で、植物由来プラスチックへの期待が高まり、実際の利用も開始されている。特にポリ乳酸の利用は今後増加していくものと思われる。

ポリ乳酸は植物由来プラスチックとしてだけでなく、リサイクル、特に原料へのリサイクル（ケミカルリサイクル）が容易な物質としての期待がある。

筆者は、本ケミカルリサイクル事業の事業化を図ったが、諸般の事情により、断念した経緯がある。但し、計画内容を一部変更し、農水省「バイオマスプラスチック生活創造構想」の補助金により、モデル事業化がなされていることを付言しておく。

このポリ乳酸ケミカルリサイクル事業が成立するための条件として、技術、規模、収集システム、コスト等様々な事項が関連する。

上記各種項目について、事業化計画段階での検討結果を以下に述べる。

２．ケミカルリサイクル基本技術

ポリ乳酸はもともと容易に乳酸若しくはラクチド乳酸への分解が容易な物質として知られており、基本原理としては衆知のものである。その基本原理を活用した実プロセスの研究として、近畿大学西田氏の熱分解によるリサイクル研究、慶應大学松村氏の固体酸触媒によるリサイクル研究等があり、実用化一歩前の段階に達していると考えられる状況である。

上記技術の最大の特徴は、他のプラスチックとの混合状態で選択的にポリ乳酸のみを分解できる、若しくは分解物が容易に分離できることである。この特徴により、リサイクル事業での最大の問題点である「収集廃棄物中の異種物を分別する手間」を省力することが可能となる。

プラスチックのリサイクル事業として先行している「PET ボトルリサイクル」では、繊維へのリサイクルが主であるが、プラントの大半は異種プラスチックや異物の除去、汚れ等の微量混物の除去のために使われている。ポリ乳酸のリサイクルプロセスでは、これが簡便化され、事業としての成立条件が緩和される。

３．収集物の品質に関して

これまでのプラスチックリサイクルでは、異種プラスチックが混合された状態で収集されるのが一般的であった。PET ボトルのリサイクルでも、ボトル状に限定され、排出者である個人が判別しやすい形状であるにかかわらず、開始当初は塩ビ系のプラスチックが混合収集されていた事例が多い。

ポリ乳酸では前述の異種混合状態でも選択的にポリ乳酸の分解分別が行えることは、これまでリサイクルの際の第一の問題点である「収集物の品質安定」を無視できることにつながり、さらに再生品品質が安定することになる。この利点は非常に大きい。

しかしながら、ポリ乳酸の使用量が少量である現時点では、ポリ乳酸単独で廃棄物収集を行わないと、他との混合収集では事業化できないことは明白である。すなわち、ポリ乳酸の使用量が拡大されて、はじめて上記の利点が功を奏す状態となる。ポリ乳酸の使用量は徐々に拡大されているといえども、まだポリ乳酸リサイクル事業が成立しうる状況とはなっていない。

４．リサイクル事業の規模

ポリ乳酸の製造ではスケールメリットを追求し、最低でも 3 万 t/y 以上の規模、最近のポリ乳酸価格として取り沙汰されている 200 円/kg を基準とすると、10 万 t/y 以上の規模が必要とされている。ポリ乳酸ケミカルリサイクル事

業としても、重合プロセスが最終工程として必要であることを考慮すると、同等の規模が必要とされる。但し、ケミカルリサイクルプロセスでの再生品がラクチド乳酸、若しくは２～５量体の乳酸であり、重合工程が簡略されることを考慮すると、規模としては小さくすることが可能となるが、200 円/kg を基準とすると２～３万 t/y 程度の規模がそれでも必要となろう。

この規模が最低条件とすると、ポリ乳酸の使用量が年間 20 万 t 以上、できれば 200 万 t 以上の使用量にならないと、1 プラント２～３万 t/y のリサイクル事業は成立しないと考えられる。しかし、これだけの廃棄物を収集し集中することは困難であることもまた自明の事項である。

５．事業の分割（ポリ乳酸事業の先行）

上記は、再重合までを一プラントで実施する場合の規模であり、当然ながらよりスケールメリットが追求できる重合プラントは別途建設し、規模を１０万 t/y 以上とし、廃棄物を収集しポリ乳酸を解重合するプラントは規模を小さくすることが考えられる。この解重合のプラントは、近畿大西田氏のプロセスでは 3000t/y～5000t/y 程度が安定した解重合が行える規模と筆者は想定しており、収集量から見ても適切な規模であろうと判断している。

このような事業形態を考えると、重合プラントはバージンバイオマスを使用したポリ乳酸事業として先行することが必要となる。解重合プラントと再重合プラントを同時に立ち上げることは基本的に無理があり、重合プラントが先行することが必要となる。

国内でのバイオマスを活用して、10 万 t 規模（原材料を米とすると 20 万 t 規模の使用量）のポリ乳酸プラントが建設できるのかは別途の議論の対象であろう。（バイオマスエタノールと競合状態となる）

６．重合プラントの小規模化の可能性の検討

当然ながら、技術的には可能である。特に固相重合法は小型化に適したプロセスであると考えられる。しかしながら、経済性を 3000t/y として、理想的な条件で重合が可能としての机上計算でも、ランニングコストとして 180 円/kg 程度のコストとなり、減価償却費を考慮すると、300 円/kg で再重合できると考えられる。この数値が意味のある値で有るか否か、現状では判定できず、今後の推移を見守るしかないと考えている。

７．ポリ乳酸のリサイクル事業の事業化へのステップ

上記のように、現在の状況では、ポリ乳酸のリサイクル事業化はかなりの困難を伴うものである。しかしながら、このポリ乳酸ケミカルリサイクル事業は以下のような理由で早期に立ち上げるべきものであると考えている。

（１）　ポリ乳酸等植物由来プラスチックは石油由来プラスチックと比較して高価とならざるを得ない。しかし、何れ、環境問題のコスト評価が行われ、使用量は増大する。

（２）　バージンポリ乳酸より再生ポリ乳酸は低コストで有ることは確実である。

（３）　バージンポリ乳酸生産用に米、小麦等を原料とするが、バイオマスエタノールと競争となるのは明白である。当面、エタノール生産が優先されると考えられ、ポリ乳酸のケミカルリサイクルはポリ乳酸原料確保の観点からは、大きな価値を持つことになる。

しかし、消費量は伸びない中でリサイクル事業を立ち上げるには、以下のような状況が必要であると考えている。

（ａ）ポリ乳酸の利用者とリサイクル事業を含めた協議を行い、特定の付加価値を認知していただく

（ｂ）小規模でのリサイクルプラントを建設し、ランニングコストのみを回収する形で事業を継続する。

（ｃ）消費量の増大と共に、付加価値の衆知をもって、経済性を再評価し、拡大事業化を図る。

８．特定の付加価値について

特定の付加価値とは、最終的には環境問題のコスト評価が衆知され、バイオマス由来のプラスチック等が高価格で取引されることが最終の評価である。しかしながら、環境問題のコスト化手法としては各種提案されているが、評価手法が認知されるには相当の時間がかかると予想される。それまでの間は、付加価値として「地球環境問題に貢献している」ことの広告費としてこのコスト負担を利用企業に了解していただくことが主となる。このためには、以下のようなバイオマス利用に対する基本認識を一致させていただくことが必要である。

「バイオマス利用は直接燃焼による熱、又は電力回収が第一義であり、プラスチック生産は次である。（エタノール生産は、使用量の多い輸送燃料代替であるので評価は異なる）」

ただし、基本的な電力を火力ではなく、水力及び原子力のみに依存するならば、上記の評価は全く異なる様相となる。

理由を以下に示す。

（１）　バイオマス利用として、プラスチックやエタノール等の形で物質を回収する際にはエネルギーを消費する。石油を原料とするエネルギーを消費する限り、製品価格は高くなる。

（２）　バイオマスエタノールでサトウキビからのエタノールのコストが低いのは、廃棄物であるバガスを燃料として使用していることが最大の要因である。

（３）　石油価格がバーレル 100＄になったと仮定した場合、エネルギー利用は事業性を持つが、プラスチック利用はそれでも採算に合わない可能性がある。

上記の認識は、バイオマスプラスチック生産に対してはマイナスの要因ではあるが、ケミカルリサイクルを含めたシステム全体ではこれを推進する要因となるものである。

９．まとめ

バイオマスプラスチックの今後の伸びとそのケミカルリサイクルの事業化は、単にバイオマスプラスチック品質等の問題ではなく、バイオマス利用そのものの評価により左右されるものと考えられ、その根本である環境問題に対する認識が地球規模で一致することが必要である。