

2007年12月3日

<容器包装リサイクル法と「その他プラ」のリサイクル>  
平尾雅彦先生(東京大学工学部化学システム工学科)/二回目  
講義録

使用資料 11月26日に配布した ppt の配布資料 47p~

12月3日に配布した ppt の配布資料

## 0. はじめに

先週の続きですので、特に紹介とかは必要ないですね。容器包装リサイクル法のうち、前回は PET ボトルの話をしました。前回は中途半端なところで終わりましたので、続いて少し LCA の話をします。前回実は瀬川先生から既にキーのところの質問を頂いてお話ししてしまったんですけども、もう少し LCA でどういうことがわかるのかというお話をしたいと思います。それから前回全く話さなかった、LCA でわからないようなリサイクルの仕組みについてちょっと触れます。その後に皆さんの議論のために一般のプラスチック、つまり容器包装プラスチックについても情報を提供したいと思います。

PET ボトルというのは容器包装リサイクル法のなかでもちょっと特別な扱いでありまして、そこはそれで大問題なのですが、一方で一般の容器包装プラスチックも問題です。今回は現物が全くないのですが、私が見てきた時の代表的な写真とかをお見せして、容器包装プラスチックに関しても LCA に関してどのような議論があるのか紹介したいと思います。

## 1. LCA の考え方・利用法

### 1.1. PET ボトルのライフサイクル

前回は最後のほうでこういう PET ボトルのライフサイクルという絵をお見せしたと思います。(ppt.47p)思い出してください。それで PET ボトルの色んな原料が、ここでちょうど PET ボトルになって、皆さんがここで消費して、リサイクルされる。燃やされる、焼却される、つまりサーマルリサイクルでエネルギーが回収される場合もあります。それからこちらの方にずっと流れて行ってケミカルリサイクルされる。PET ボトルの PET はポリエステル製品だという話をしましたね、ネクタイとかみていただいたと思います、あのネクタイのように繊維製品となるわけです。これを開ループリサイクル、あるいは直列でつながっているということでカスケードリサイクルというふうに呼びますね。リサイクルと言ってもぐるっと回るのではなく、次のものにバトンタッチするというタイプのものです。一方 PET ボトルの場合はぐるっと回るループも存在していて、ここに BHET という物質に分解するルート、ここに DMT、PTA という物質に分解して回るルートがあるというお話をしました。とにかく個々の所よりもぐるっと回るものがあるということと、つながりがあるということだけを確認して下さい。

## 1.2.LCA の考え方

この間お話したように、LCA では例えばカスケードリサイクルの場合はこちらで「もとの繊維の新しいものを使わないですんだ」というお話とここで「ごみとして捨てないでよかった」、というのがポイントです。一方でこのリサイクルをするのにエネルギーがかかります。この間お見せしたように、切ったり洗ったり色々な面倒くさいことがあるわけです。そこで使うエネルギーと得する分と損する分のバランスです、という話を前回しました。

次に閉じているリサイクルの話です。ボトル to ボトル、今回はこれがボトルからボトルになったボトルです、という話をして現物をお見せしました。これもポットボトルが何もしないで生まれてくるのならいいのですが、やはり一回分解してもう一回化学反応を通すことになります。そのため、ボトルからボトルへ戻すだけでも相当なエネルギーが必要だ、ということがポイントになります、と前回話しました。

ちょっとここ(ppt.48p,49p)は飛ばします。今回はここ(ppt.50p)までお見せしたところでほとんど終わりにしました。一番左がいわゆるマテリアルリサイクル、繊維にするということです。それから右の方が CR、ケミカルリサイクル、閉ループのリサイクルです。CR1 が小さくぐるっと回っている方で、CR2 が大きくぐるっと回っている方にあたるものです。

マテリアルリサイクルの場合は、得する分、つまり原料を作らないですむようになった部分がほとんど同じくらい。例えば 1kg まわせば 1kg に近く戻ってきますので、その分新品の石油から作る分が減ります。ところが、回すのにどれくらいかかるかという、砕いて洗うというのは大変そうですが、もともと作るよりはるかに少ないので相当得します、という結果が出てきました。

ケミカルリサイクルとって、一回分解してからまた作るという方は回すのにだけでも案外エネルギーがかかるので、得はしますけれども得する量は限られている。

皆さんが思うように、リサイクルで得するということだけではなくて、リサイクルするのにかかる費用をちゃんとカウントして考えなければいけません、というのがライフサイクルアセスメントの考え方でした。

## 1.3.リサイクルと環境負荷

この後のところ、瀬川先生から質問がありました。この図に関しての質問でした(ppt.51p)。説明していなかったなので、今日説明します。

さっきエネルギーで見たときは、ほとんどとんとんの世界だったのですけれども、こちらのほうは CO<sub>2</sub> で見えています。縦軸を CO<sub>2</sub> に変えたわけです。さきほどエネルギーと書いてあったのですが、今度は CO<sub>2</sub> です。そもそもの目的、つまり地球温暖化を防ぐ目的からしたら CO<sub>2</sub> を減らしたかった。しかし、見てください、残念ながら CR2 という二つ目のほうのスタイルのリサイクルでは、現状では、少し CO<sub>2</sub> が増えてしまうということです。エ

エネルギーは減っているのにも関わらず、CO<sub>2</sub>が増えてしまうわけです。

どうしてだろう？ というと、使うエネルギー、同じ1MJ(メガジュール)とか1calとか使うわけですが、それに何を使うかということが実は問題なんです。こちらの会社では(CR2のリサイクルをしている会社)分解したりもう一回作ったりするエネルギーに石炭を使っています。こちら(CR1のリサイクルをしている会社)は実は都市ガス、つまり天然ガスを使っています。ですから同じ1MJというエネルギーを使うにあたって、石炭っていうのは事実上カーボンの固まりですから、そのCがCO<sub>2</sub>になることによってエネルギーを使うので、CO<sub>2</sub>が逆にずいぶん「出る」ことを意味します。一方こちらは同じ1MJなり1calを出すために天然ガスを使います。天然ガスはメタンですからCH<sub>4</sub>を水にするわけです。C一個にHが4つ付いていて、それを水にするということですので、Hの部分は水にする、Cの部分をCO<sub>2</sub>にするという形でエネルギーを出してもらいます。同じエネルギーを出すときにこちらは全部CO<sub>2</sub>、こちらはCO<sub>2</sub>と水、に変えて出すものですからこちらはがくっと良くなるのに対し、こちらは逆にがくっと悪くなる、という結論が出てしまいます。

#### 1.4.LCAの難しさと使い方

だからLCAっていうのはだまされちゃいけない。これだけ見ると良いように見えて、これらの会社は実際良いんですよ、って言っているのですが、ちょっとここまで見るとうーんという感じになります。さらに石炭を燃やすっていうのは大体よくなくて、(ppt.52p,53p)このNO<sub>x</sub>っていう窒素酸化物とかSO<sub>x</sub>っていう大気汚染物質の排出が、問題にするほどの量でないとはいえ、増えてしまうというのは事実なんですね。ですからLCAっていうのは良い悪いっていうのがぼんと言えないというのが難しいところなんです。

エネルギーのところだけ見れば確かに地球上のエネルギーの使い方としては節約になります。PETボトルからボトルに戻ってOKという感じはするんだけど、その時に回すのに使うのが石炭じゃちょっと困るな、というのがこの結果からよくわかります。ただこの会社はこうだからもうどうにもならないというわけではなくて、どうぞ天然ガスにエネルギー源改善してください、とこのデータから言えるわけです。駄目です、と×をつけるんじゃないで、ぜひこうしてくださいね、とこういうデータをみて提案していくということが私たちの仕事になっています。

ですから確かにリサイクルしてはいけないという方の意見、一部分は当たっています。ただ彼のリサイクルをやっちゃいけないっていう議論はお金がかかるからやっちゃいけない、って言うのですが、実は石炭を燃やしたほうがお金がかからないのでこっちの石炭を使ったリサイクルはお金がかからない。こっちの都市ガスのほうがずっとお金がかかっています。ですから彼の論理はちょっと間違っていて、リサイクルしてお金がかからないようにすると環境負荷が実は上がってしまうということがわかっているわけですね。だからああいう論理にもだまされちゃいけないで、こうやってしっかり解析をしよう、ということでした。

### 1.5. 「良い」技術とは？

ですから PET ボトルのリサイクルの問題でも、このように LCA というものをしっかり使って、どういう技術が良い技術でどういう技術がいけない技術か、あるいはいけないと言ってもどういうところを改善していけばいいのか、というところをぜひ私たちは考えていきたいと思います。また皆さんもこういう定量的な点からでも考えていって欲しい。もちろん制度上の問題というのも議論すべきだと思いますけれども、まずはこういう観点から議論が始まっていくんじゃないかと思っているわけです。

## 2.LCA でわからないリサイクルの現実

### 2.1.リサイクルの現実

今日はあんまりゆっくり喋っていると、今日配った一般のプラスチックの話ができなくなってしまいますので、少しだけお話を早めさせていただきます。

容器包装リサイクル法では、スチール缶とかアルミ缶とかも容器包装ですからリサイクルしてもらっています。これも LCA の例がございます。「容器包装比較の LCA」という環境省が行ったものがあります(注1)。ポイントは LCA だけではないということです。PET ボトルも今私が話したように LCA でお見せしたんですが、実はこれだけじゃない。そういう話をちょっとこの後お話ししたいと思います。

それは例えばスチール缶、つまり鉄です。スチール缶というのはリサイクル率がとても高いとよくいわれます。しかし実はスチール缶をちゃんとスチール缶の所に排出したからといってまたスチール缶になっているわけじゃなくて、また何か別の鉄になっているということなんです。だから鉄という意味では循環し続けているんですけども、あるスチール缶という製品がまたスチール缶になるのではない、ということが一つのポイントです。それからスチール缶というと、あのコーヒーの小さい缶は全部スチール缶です。ではスチール缶が全部鉄で出来ているかっていうと、皆さんあの上の所、パキってプルトップで開けますよね、あのフタを鉄だと思っていますか？ あれはアルミなんです。スチール缶だろうがアルミ缶だろうが、あのキャップのパコってやるところは全部アルミなんです。だからあのままりサイクルすると鉄にアルミが混ざってしまいますし、アルミが回収されていない。だから実際は分別するのですが、皆さんが思っているようにスチール缶が全部スチール缶でぐるぐる回るわけではない、ということと、上の部分は鉄で作れないのでアルミを使っているため、混合材料の製品だということがポイントになります。

それからアルミ缶に関してですが、アルミ缶は全部アルミで出来ているんです。ここ(ppt.55p)に書いてあるのですが、実は胴の部分のアルミとフタの部分のアルミは違うアルミです。それは、やっぱりぶちって切れるのは非常に純度が高い、うまくあそこで切れるようなやわらかさを持ったアルミを使っています。普段は開かないんだけど、パコッてやると開くようなアルミを使っています。胴のほうはしっかり胴の形が作ればいいのかで

サイクルしたアルミでも OK なので、一部分はリサイクルしたアルミを使っているのですが、フタの部分は必ずピュアな、つまりボーキサイトの原料から作ったアルミを使っているものですから、厳密にいうと違う製品なんです。これは純アルミで、こっちはリサイクルアルミ。けれどアルミの缶のリサイクルの場合は全て混ぜて使ってしまうから、全てリサイクル品のグレードにがくっと落ちてリサイクルされてしまう、ということです。何が違うかって、アルミニウムも材料に色んな種類があってマグネシウムが何%入っているとか、何が何%入っているとかというのが微妙に違って、それが規格になったりします。

PET ボトルについては前回お話したように現状ではリサイクル樹脂からはボトルは作られていません。ああいうふうになんか見せるのは本当に特殊な例であったということとやっぱりキャップやラベルが PET でない、ということですから、純粹に一本の PET ボトルからまた同じ一本の PET ボトルを作ることはできません。キャップやラベルもリサイクルされていますが、ボトルに戻ってくるわけではありません。

## 2.2.回収方法によるリサイクル特性

これもこの間少し話したのですが、PET ボトルの回収状況です。この間お見せした一番汚い場所は例えば東京都で本郷キャンパスがある文京区。実はこれはちょっと変わりました(ppt.57p)。もうすぐこれが A に変わると言うんですけど、以前は D という非常にリサイクルしようのない汚い PET ボトルでした。ここにある目黒区はですね、(分別回収しているのは)一部分ですが回収されたものに関しては A です。実は私も目黒区に住んでいるのですが、私の地域では分別回収されていないのでその PET ボトルは駄目だと思います。けれど分別回収されている部分は A です。こういう新潟とか川越っていう地方都市は非常にきれいで A とか付いています。けれど川越は最初 A ランクだったんですが、実はデータから見ると、去年か一昨年にリサイクルを自分でやる、つまり海外に送り出すという選択をとったと思われます。だからもうわからない方向に流れてしまっているということですね。

このように地域や集め方によって色々な状況の悪さが出てきます。ですから LCA から単純に考えて、皆さんが私の話を聞いてちゃんと分別して出そうとしても、ちゃんと回収していないところでいくら出したって実は意味がないです。それは皆さんが消費者としてちゃんとやったにしても、地域あるいは区、あるいは東大の中の場合は目黒区にも入らない、東京都という事業所になりますから、事業所がどういう扱いをしているかによるわけです。ここで集めたか、一步正門の外で捨てたかによって全然事情が違ってこういう状況になります。おそらく東大はきれいなんじゃないかと思えます。東大はこういうランクが付かなくて、詳しくは知らないですが東京大学は専門の業者にお金を出して引き取ってもらっているのではないかと思えます。

だからこのように大都市は案外回収状況が良くないです。ただ最近きれいに分別するようになってはいますが、とにかく回収状況は A,B,D というランクに分かれているので

すが、このような成績が付くという問題が、LCA には全く現れてきません。マテリアルリサイクルしてよかったな、ケミカルリサイクルしてよかったな、と言いますが、実はできるところとできないところが色々ありますよ、ということもポイントです。こういったランキングをすれば区がどうするかということは、まさに容器包装リサイクル法が決めていることです。皆さんがちゃんと捨てて、自治体が分別して集めるということです。けれど罰則があるわけではないのでやってもやらなくても OK ということです。だんだん良くなったりする所が色々ありますが、今大体 PET ボトルで集めたうち、73%くらいが優良なきれいな PET ボトルとしてリサイクル可能になっています。

(ppt.57p の下の重量比・施設数比を見ながら)施設数比というのがあります、これは自治体の比です。だからこれは数でカウントすると 9 割くらいの自治体は大体きれいに集めることが出来ているということです。しかし量でカウントすると 7 割くらいしか集まっていない。これはどういうことかということ、大都市ほど量が多くて、ちゃんと集められていない。一つの施設でぽこっと A じゃないものが入ると、数の上では小さいところも 1 とカウントされるけど量が積もらないので、こちらは小さめに出る、ということを実に表しています。ですから大都市ほどちゃんと集まっていない、ということがこの辺の数字からも解析できます。まさに D の方が逆に増えてしまっている、ということになっています。

### 2.3.品質問題 1～技術の話～

ちょっと LCA のような LCA でないようなお話をしたいと思います。日本で PET 製品、つまりポリエステル製品と言いますと、フリースがあります。冬になってくるとだいぶ着てる人がいると思いますが、あれはほとんど 100%ポリエステル繊維の製品です。ユニクロの製品もポリエステル 100%って書いてあると思います。あれは 100%って書いてあるけど、チャックとかが違いますね。けれど繊維自体は 100%ポリエステルです。PET ボトルになる PET と全く同じものですね。

ユニクロの場合は 100%中国生産なのでちょっと話が違うんですけど、もし日本で作ったとすると、東レ(東レ株式会社)とか帝人(帝人株式会社)とかっていう繊維会社が綿々と良いポリエステル製品を作ってきました。非常に高精度な製品です。見たことがあるのですが、糸が凄く細いです。皆さんは丸い糸をよっていると思うかもしれませんが、実は光沢とかを出すために断面が三角形とか星型になっているんですよ。それをまたよってあります。だからポリエステル製品でも光沢が非常にきれいだったりするものがあるのは、日本の高級なポリエステル製品の技術の凄さから発しています。日本はこういう品質改良というのがとても上手です。

だから東レとか帝人とか TOYOBO(東洋紡績株式会社)とかが作っているポリエステル繊維っていうのはおそらく中国のユニクロのフリースの繊維(まっすぐの普通の丸いものだと思うのですが)とは全く違うものが作られている。それで日本の国内でリサイクルしましょうということになると、今ほとんどこの PET ボトルから繊維になりますから、ここ(ppt.59p)

でボトルから繊維にします。

今お話したように、繊維というのは日本の中で作るのなら非常に良いものが作れます。それからボトルもこの間お見せしましたが、とっても良い物ができています。とっても良いものとともに良いものなので、組み合わせるといいかなと思うんですが、やっぱり(回収された PET ボトルが)D ランクとか B ランクというものが来ますから、繊維作っていた人たちとしてはこんな汚いもので繊維作るつもりなんて初めからなかった。それにボトルを作っていた人たちもこれが繊維になるなんて初めは思っていなかった。ボトルが最初生まれた頃なんて、これをリサイクルして繊維にするなんて思ってもいなかったわけです。だからこっちはこっちで上手に作れる、こっちはこっちで上手に作れるのですが、リサイクルは上手いかない。リサイクルするってことはこういうものをつなげたり、あるいはここで上につなげたりするわけです。ここ(PET ボトル)も石油から作ることにしか想像していない、こちら(PET 繊維)も石油から作ることにしか想像していない中で、こういう風に一回使い終わって汚くなったものを使わないといけなくなると、がくっと製品の性能が落ちてくる。この間見た、透明なボトルが微妙に茶色くなっていたようなものを使わないといけなくなると、がくっと製品の性能が落ちてくる。

ここで皆さんがもうその一因です。ここで入ってきていますから。ボトルのメーカーとか繊維のメーカーだけでなく、ここで消費者や自治体の人が絡んできます。

#### 2.4.品質問題 2～社会の仕組みとリサイクル～

ですからさっき言ったように、自治体の人たちが集め方を適切に決めていなかったり、皆さんがキャップをしたまま、中に飲み残しを入れたままこちらに送ろうとしたりすると、ここ(ppt.59p「回収」→「再生」)のところで相当な苦勞をしないといけないということになります。これも LCA では大体平均値的な数値しか使っていませんのでよくわからないのですが、実は個々に見てみると全然違う。実際に写真で見たように凄く汚い PET ボトルととてもきれいな PET ボトルでは、このルートがえらい違いになってくるわけです。

ですからもう少し難しい話をしますと、糸っていうのは糸切れとか染色むらとか応力とか寸法安定性とかカラーとかっていうので、品質改良を非常に細かくやっています。それにその繊維の太さであるデニール、また引っ張ったときにどれくらい伸びたり、あるいは強度があったりするとか、色の染まり具合がどのくらいであるとか、それ自身がどんな色を持っているか、というようなことが情報としてあります(ppt.61p の「繊維」ボックスの中の説明)。これは凄く厳密な話です。

そのため普通に繊維を石油から作る時には、例えば IV っていう、ポリマーとしての、つまりプラスチックとしての物性値、それと水がどれくらい混ざっているかとかいうようなことはよくコントロールされて実際の石油から作る時へいきます。しかしリサイクルでいくとなると、泥で汚れているとか缶が混入しているとかの話になります。

こちら(石油から繊維を作る時)ではナノとかミクロンとか色の度合いがどれくらいの透

明度とか厳密なことを言っているのに、こちら(リサイクルの時)ではいきなりビンが混ざっているとか砂が混ざっているといったレベルの話になります(ppt.61p、63p も参照)。こことここをつなげるととても難しいことになるわけです。だからひたすら手で分別しましょうとか一生懸命洗いましょうとかいうことになってきます。

ボトルが汚れもしないきれいに集まってくれば、ここで選別したり洗ったりということが凄く負荷が減るはずですが、けれど消費者たちは自分たちが出したものがまさか繊維になっているなんて知らないから、上手くここで分別して出してあげることができない。まして缶を入れてみたり 100 円ライターを入れてみたり電池を入れてみたり、ということをしてしまうわけです。だから実際のリサイクルの仕組みとしては、消費者の多くの人にはちゃんとやってくれるのですが、何割かの人にはちゃんとやってくれないと洗わざるをえない、分別せざるをえないということになっている。非常に辛い仕組みですね。

工場の中できれいにやりましょう、といったらそれはどこの会社でもちゃんとやります。だけどいったんこういう消費者とか自治体が入ってしまうことによって、ここでは予想もしなかった変なことが起きてしまうわけです。それを何とかしようとするので、ここでさっき見たように環境負荷が上に出る分をここでやらざるを得ないということになってしまいます。

## 2.5. 具体的研究から、市民の行動とリサイクルの相関を見る

私たちは「皆がキャップを取らないと何が起きるか」ということを無理やり定量的に評価するような研究をしています。これは途中を飛ばさせてもらいます。(ppt.62p～65p を飛ばして、66p を見ながら)ここに大大っかいてあります。キャップを取らなかった影響っていうのはとても後の繊維に対して影響を与えます。だけどキャップを取りなさいということは簡単なことなので、影響が大きいので皆さんにキャップを取りなさいということは案外簡単なんじゃないか、ということです。どういうことかということ、皆さんがキャップを分別しないということは他の色んなことに比べてとてもレベルが高い。例えば水で洗ってくれているかどうか、ありがたいけれどもそれほどの影響はない。実はちゃんと洗ってくれなくても大丈夫です。だけどテープとか塗料が付着しているとやっぱり悪いとか、缶が混ざってしまうと良くない、というのがわかります。一方でこちらで全然何も出ていないのが「潰す」。PET ボトルは一応潰して出すことになっていますけれども、潰して出すということは直接最後の繊維にはほとんど影響しないということもわかっています。じゃあ本当に何の影響もないか、潰さなくていいか、ということですけれどもこれはまた違う話ですね。環境影響としては圧縮してあるからこそなんですね。圧縮してないと空気を運んでしまうので、トラックで運送する時に環境負荷が増えてしまいます。ここに書いてある影響は繊維にどんな影響が現れるかということです。だから潰してなくても繊維に影響は出てこないのですが、潰してないと運ぶところの環境負荷に影響が出るので、別な項目からでは圧縮は凄い影響がある。なるべくちゃんと潰しましょうということが出てくる。こ



れはたまたま皆さんの見えてこない、「キャップをとったら桶屋が儲かる」のように繊維がどうなるか、というようなことをやっているわけです。だからラベルをとったりキャップを分別したり缶を混ぜないとか、テープや塗料を付着させないということは案外大事ですね、という結果が出ています。あとビンのように比較的はつきり簡単に分けられるものは混入してもそれほど影響がない、缶混入より影響が小さくなるということもあります。ちょっとこれはまだ研究途上で、この数字にどのくらい意味があるかということは説明しきれていないのですが、感覚としてはよくわかるわけです。この数字は私たちのキャップを取らないという行動が次の自治体にどんな影響があって、その自治体がとらなかったものをまた送りだすと何が起きるのかということ、どのくらい影響があるかということ、ヒアリングや色々な調査で調べていって、その数字を掛け算しているというような数字です。

ですから容器包装リサイクル法の中では LCA だけでものごとが決まるわけじゃなくて、皆さんに役割がある。事業者と特定事業者が完全に透明な PET ボトルを作っているという凄く良い所もある。消費者の人たちにはちゃんと分別して出す役割がある。けれどその時にキャップをちゃんと取ってくれるかどうかはえらく影響がある。だからもし事業者の方がカラーの色つきボトルを出したらこれとまた全然違うレベルで影響が強くなるでしょう。自治体の方は分別回収する役割がある。その時に例えば屋根のないところにずっと積んでいたりすると埃とか雨ですごく汚れて影響が出てくる。そういうことをいったいリサイクルのライフサイクル全体の中でどんな影響があるのか、ということをよく考えないといけないですよ。

### 3.LCA・社会システムから見た PET リサイクルの総括

#### 3.1.容器包装リサイクル法の問題点 (ppt. 67p)

今しつこく申し上げたのは、「容器包装リサイクル法」という今回のゼミのテーマであります。生産者、特定事業者、消費者、自治体という言葉はよく聞くとおもいます。彼ら、あるいは私たちの役割というのは「ちゃんと循環する役割を担う」ということであつたはずですよ。

ところが容器包装リサイクル法ではなんだかんだ言たって議論は全部費用なんです。「費用を誰が負担するか」ということだけの議論が行われていて、法律の枠組みの中で循環をどう上手く進めるか、そのために本当の意味での消費者が何をすべきか、生産者が何をすべきか、という議論がない。生産者が透明な PET ボトルにしているのは、容器包装リサイクル法があるからじゃなくて自分たちでそれが環境にとって正しいことだつて決定をしたからだつていう。法律と何も関係ないですね。だけど十分誉められるべきことです。こっち(容器包装リサイクル法の枠組み)は何やっているかつていうと、トンあたりあなたはいくら出しますか、出したお金は容リ協(容器包装リサイクル協会)が取ってどこにどう分配しますかという話ばかりしているわけです。

私に言わせると、お金は大事だけれども後の話だろつておもいます。どういう風にまわ

すべきかという議論をしっかりとした上でその仕組みを推進するためにどうするか、っていうことをやるべきです。引き取り手は入札による競争で決まっていますから、安くできるところほどリサイクル品が多く流れる仕組みになっています。現実には PET ボトルの場合には高く買う人ほど、という形に変わってしまっています。だから買えないところはいくら良いことをやっても苦しいです。具体的に言うとケミカルリサイクル、つまりボトル to ボトルをやっているところはもう非常に苦しい状態に置かれてしまっている。確かに環境負荷はさっき触れたようにちょっと悪いこともあったこともあったかもしれないですが。ただ今はもうマテリアルリサイクルで何でもいからやっちゃったところ勝ちという形になっている。

それからもう一つは、PET ボトルっていうのは繊維とかもう一回ボトルとかこの間の卵パックとかになって初めて次の役割を果たす、つまり本当の意味でのリサイクルをしているわけです。けれど法律の上では、フレークやペレットっていうこの間のちょっと茶色くなつたつぶつぶが売れば、もうそれでリサイクルしましたっていうことで良いことにしています。だからその後になんかどうなるかは知らないです。あのままで中国に輸出するのは「製品」ですから何の法的にも問題がありません。「廃棄物」でないのでバーゼル条約の制約も受けませんし、輸出入の色々な両国側の制約も全く受けないので、自由に出荷できる。つまり「買います」といったところに売ることができます。ですからその後何になっているかわからない。何になっているかわからないと本当は LCA が出来ない。まあ正直言って全く役に立たないものができた場合には LCA 的にはごみを作った場合と同じなので悪いはずですが。けれど石油から作ったペレットの代わりにしてくれたかのような計算をせざるを得なくて、LCA の上でも限界ですし、容り法のシステム上もえらく駄目という所です。

PET に関してはこれ以外に中国にわたってしまっている話をすべきかもしれませんが、それは次のアドバンスのステップとして議論することにして、とりあえず「回す」という容り法の仕組みの中だけでもこれだけ問題があるのかな、ということが私の感じているところです。

### 3.2.総括の総括

まあ私は LCA の所をお話しする役割だと思っているので、あんまりこのところには深く突っ込みません。ただこういう観点で皆さんと議論ができたらいいなあとと思っています。

ここで本来前回終わるはずだったので、PET の話についてはこんなところかな、と思います。LCA のところについてお話したわけですね。LCA で出来ること、「回す」ために損するのと得した分とで勝負なんだ、ということ。あれはやっぱり LCA でわかる良い所です。あれをちゃんと評価したうえで、システムとしてどうやって各自が役割を果たしていくか、ということをもう一度「循環させるための仕組み」として考えてみよう、ということをお話したつもりです。

ちょっと中途半端ですけど、PET の所までで質問とか聞いてみたいところありますか？

この間色々とお見せしたものはかさばるので今回は持ってきてないんですけども。


～ここから ppt の資料が 12 月 3 日のものになります～

#### 4. 「その他プラ」の定義とそのリサイクル

##### 4.1. 「その他プラ」とは？

もしなければ今日はもう一個の、今日資料で配ったお話をしたいと思います。今まで PET の話だったのですが、この間紹介したように PET でない「その他プラ」に関しても色々な情報があります。それで PET のお話もちよっと絡んできますけれども、紹介したいなと思っています。どこでも気軽に質問してください、ゼミですから。私も授業という感じよりも皆さんが考えるための種があればいいな、と思っているだけです。

これもまたプリントは借り物を色々取ってきているので印刷物が凄く見づらいかもしれません。ごめんなさい。これはですね、この 2、3 年(本授業が行われたのは 2007 年度の冬学期)の話です。「その他プラ」っていうのは、容器包装リサイクル法のうち缶とかビン以外の「プラスチック」の部分では、いわゆる「その他プラ」っていうのと「PET」というのが分かれています。何で「その他」っていうのか、実は「その他」のほうがほとんどなんですけれど。「その他プラ」っていうのはいわゆる容器です。お菓子とかシャンプーとかいろいろなもの入れ物全部を「その他プラ」と呼んでいます。

端的に言うと、 っていうこう書いてあるようなマークがついているものです。この下に PE っていう書いてあったりします。PET っていう書いてあるものもありますけれど。この「プラ」のリサイクルマークが付いているものは全部「その他プラ」として回収されているわけです。さっきは PET という純物質でしたけど、こちらはポリエチレンとかポリプロピレンとかいう色んなプラスチックがみんな混ざっています。

##### 4.2. 「その他プラ」は何にリサイクルされているか？

それで、何になっているかっていう統計がこれです(ppt.2p)。これは「容器包装リサイクル協会」っていう容リ法を仕切っている協会のデータをそのままコピーしたので、見にくいかも知れませんが、(グラフを見ながら)まあ量がどんどん増えているのは結構なことなんですけど、何になっているんでしょう。だんとつに増えているのはパレットというものです。パレットというのがどういうものかは後でお見せしますが、工業製品なんかを運送するときの下に敷いてある土台の板です。パレットって小学校で使う、絵の具を塗る白いパレットとはちょっと違います。それ以外に何だろう、というプラスチック板というんですね。板ってなんだろう？ というのもよくわかりませんが、何か板状のものを作っているんでしょうね。あとこれは再生樹脂。これがまた怪しいです。つまりところ、やっぱりパレットになっておしまいです。パレットで売りましたので、何になっているか知りませんが、リサイクルしたつもりになっています、っていうのがこれです。まあ落ちてはいますけれど

も。これは何でしょうね？「棒・杭・擬木」。擬木って「疑わしい木」って書いてありますけれど、皆さんの身近だと、ベンチがあります。他には最近の公園で平均台のような、木のかっこをしている棒があって子供がその上を歩いて行ってじゃんけんして降りたりするようなものがありますね。あれを「擬木」って言って、本当に木で出来ているのも昔はあったんですけども、最近はプラスチックを固めたようなものが多くなりました。それから道路の工事なんかをしているときに、杭を打ったりするようなものとかによく使われています。あと園芸用品というのはもうとても少ない。次は、これは電力通信用資材。これは恐らく電力を配管して中の管を包んでいるような、外に見えないような配管です。他の例ですと電車のレールの横で線がいっぱい走っていて、それは横にどぶのように U 字溝を掘ってあります。その中に電線がはってあるのですが、その U 字溝なんかもこういう電力通信用資材として使われているということだと思います。

でもだんとつにペレットとか擬木とか、なんかわからないけど板とかいうものが出てくるということです。ですから LCA の考え方としてはこういうもの変わったので、何か減って環境負荷を下げていることを期待しないとイケないです。だけど、擬木。公園の平均台は普通に木で作ればよかったものをプラスチックで作ったから何か環境負荷を減らしたのか悩ましいですね。そもそもプラスチックで作らなくて良いようなものを何でそういうことしなきゃいけないのかは疑問があるところです。

今のグラフをもう一度ちゃんと見てみるとパレットが 3 割、プラスチック板と呼ばれているものが 2 割、これは何でしょう？わかりません。再生樹脂、粒にただけです。後で何になっているか知りません、またどっかに輸出されているかもしれません。何が出来ているかはわかりませんがそれが 1 割。これも法的には OK です。LCA 的にはこれでは LCA ができないのですけれども。次に棒・杭。

つまり(一般の容器包装)プラスチックというのは、リサイクルしているということになっているのですが、PET 以上に状況、要するに行き先が怪しげだというのがあります。またほとんどの場合カスケードしかありません。いわゆるケミカル、分解してもう一度プラスチックにするという例はないですね。(ppt.3p の円グラフを見て)これが材料リサイクル、いわゆるマテリアルリサイクルと呼ばれているものです。もちろんこれ以外のところにも流れていますけれども、マテリアルリサイクルが今法的に優先されていますので半分以上がマテリアルリサイクルに回っています。1 トン集めると 500kg 以上はこれに回っているということですね。

#### 4.3. 「その他プラ」を回収するリサイクル工場の現場

どんな感じか、またこれを写真にしました(ppt.4p)。これは北陸のあるリサイクル工場です。PET よりも格段に汚いわけです。そして格段に臭いです。においが写真で撮れませんが、本当にごみですから、臭いです。ここは本当にきれいにしてある工場です。本当に良い優良な工場でちゃんときれいなベールになっているものがこういうふうに並んでいます。

場所によってはこういうところでも下がとても汚いというところはざらにあります。

それでおなじみ、プラスチックでないものシリーズです(ppt.5p)。これはもうお見せしたか忘れてしまいましたが、これは缶ですね。缶は必ず入っています。それからこれはハンガーの曲がったやつですよ。あと案外困るのがシャンプーのポンプ。あれを分解してみたことはありますか？ 中から必ずスプリングと金属の玉が出てくるんですよ。あれをそのままプラスチックルートに流してしまうとリサイクルを阻害してしまうので、必ずキャップの中は分別しましょう。だってあのパコパコってやつはスプリングに決まっていますよね。あとシャンプーのポンプはポンプを押したときに出て、引っぱったときに戻らないようになっているので、弁の代わりに金属の玉が入っているわけです。リサイクルしているところではその金属の玉だけ集めて、良い金属なので金属屋さん売っているんですけども、まあリサイクル阻害ですね、ほんとうは。ということで、なんだかわかんないものが一杯入っています。

おなじみリサイクル工場に必ずある、電池(ppt.6p)。どこの工場にもある、この間 PET の時にもお見せしましたね、もう電池は必ず入ります。どうしてでしょうね？ 電池は普通に捨てにくいです。皆さんの町でも、電池は不燃ごみにも捨てられなくて、捨てにくいですよ。目黒区では住区センターにもって行かないと駄目です。とてつもなく面倒です。前、私は川越ってところに住んでいたのですが、そこは月にいっぺんこの日に黄色い袋に入れて出せば OK というのだったのでまあまあ出していたのですがけれども、集めにくくなればなるほどこういうところに混ぜられちゃうんです。100円ライターとかもなんとなく危ないな、変なところに入れちゃきつと悪いだろうからきちんと分別してくれそうなところに入れておくときつと分けてくれるだろうと思うからきつと入ってくるのだろうと思います。東京大学でも電池と蛍光灯なんかははっきり別途集めて、水銀が入っている可能性がありますので、水銀が回収できるような施設に送っていますね。もう最近の電池は水銀フリーになってきていますけれども、それでもまだ水銀がある可能性があるので水銀が回収できるような施設に送るということになっています。

また当然ですが、人です。もう分別は人なしではやっていけません(ppt.7p)。この場合はずいぶん人を減らしたそうです。ちょっと工夫のことは言えませんが、機械的に行うための分別の工夫を色々としているので、人も今はこのくらいですんでいます。これ分別するんですよ。金属のなんか、ね。一生懸命。臭いです、この場所は。とても臭いです。

それで「その他プラ」ってどうするかというと、多くの所ではこういうものにします(ppt.8p)。これはぎゅっと加熱して固めたものです、プラスチックを。このまま燃料にすることも実は出来るのですが、今は容器包装リサイクル法ではこれを燃料にすることは法的に認められていませんから、原則として出来ません。ちょっと特例はあるんですけども、原則として。まあこれは良い燃料になるのですが、燃料にしてはいけません。それでこの会社はマテリアルリサイクルをします、といって買って来ていますから、これは燃やしちゃいけないで、これを何か製品にしなくてははいけません。もうこのへんはぼろ

ぼろこぼれていますが、これは加熱しながら圧力でぎゅーっと押し出します。まあ歯磨きのチューブからぎゅーっと出してくるのと同じようなものです。

これ写真がへたくそでぶれていてごめんなさい(ppt.9p)。これ何だと思えます？ ピンク色、紫色に見えている。実はこれは容器包装リサイクル法で回収されたプラスチックじゃないですが、容器包装なんです。何かというと、シャンプーか洗濯の柔軟剤だと思います。詰め替え用のパックありますよね。その余ってしまったか、印刷をミスったかという、見た目には全く新品のプラスチックです。これ産業廃棄物なんです、実は。工場でプラスチックからこういうものだけを作っている会社があるんです。それを本来は花王とかライオンが買って詰めて売っているわけです。そうなればちゃんと容器包装リサイクル法の対象の回収物になります。しかしこれは工場で作ったのに何にも使われることもなくごみになるんですね。でもこれは一つメリットがあって、汚れてないですね。工場で作って何もしなかったのできれいです。

この工場ではこういうものを大量に入れてあります。実はこの手前のところで人が、あるリサイクルプラスチックと産業からきたプラスチックを上手い具合に混ぜて利用しています。そうしないと品質が良いものがとれないわけです、現実にはね。つまり容器包装のプラスチックだけでは、つまりさっきのこれだけでは良いものは作れない。まあ、そういう問題もあります。

それで、実はここ(ppt.8p)になった時点で容器包装リサイクル法としてはOKなので、これ実は同じ工場内につながっているんですが、ここから先は別な工場です。容器包装リサイクル法の製品化はすでに終了してしまっていて、ここから先はそれを買ってきた同じ社長の事実上同じ会社を買ってきたものを、産業廃棄物と混ぜて製品を作るという状況です。

何を作っているかということこれがまさにパレットです(ppt.10p)。ちょっとわかりにくいかもしれませんが、この両側から、熱い、すごい加熱してある状況でさっきのプラスチックを中に押し込みます。それでどろどろに溶けてバンといって形を成型するんです。この間PETボトルをふくらませて作るって言いましたが、これはふくらましているわけじゃないです。溶けたどろどろの状態にして固めて、それで今丁度出来上がってぼこっと離れたところですが、実は。ぎゅーっと押しして、これとここが本当はくっついていたんですけど、ぼこっと離れて中から出てきたわけです。それで何がでてきたかということ、見てもよくわからないかもしれませんが、こういうものです。

この人たち、プラスチックを固めたのではじっこが毛羽立っていますがこういう商品を作っています。この(商品の)上に、例えば大きなテレビとかをのせて荷造りして出荷するわけですね、機械製品とか。それでここの会社の製品は例えば大塚ビバレッジっていうポカリスエットとかを作っている会社ですね、あそこの会社は実はこのメーカーのこの商品の上にボトル・ジュースを載せて運搬しています。なんでこんなのに載せて運搬しているかというと、ここに穴が開いています。この穴が開いているところに、フォークリフトのフォークを刺し込むわけです。フォークリフトっていうのは、ものを運ぶのにこう人が乗って

いてフォークをぐーっとさして上げたり下げたりして、フォークリフト自身が上げた状態でまた運搬できる機械です。この穴にフォークを刺しこんで持ち上げて運ばばいいわけです。そのフォークリフトのために、単なるダンボールの箱ではフォークリフトで運搬することが出来なくて、こういうものを使います。

## 5. 「その他プラ」リサイクルの LCA 的評価

### 5.1. リサイクルをして、何の代わりになったのか？

このパレットは今の日本や世界ではほとんど木材で作られています。色んな工場に今度行く機会があった時には、工場の横あたりに木でこれにあたるようなものが作られて積んである場合がありますので、気がついたら見てみてください。

それを今はプラスチックで作っていますね。ですからこれは容器包装プラスチックからパレットと呼ばれるものを作っていて、何の代わりになったか。LCA するときには何の代わりになったかというのはとても大事です。もともとこれがプラスチックで出来ていたのならばプラスチックを減らしたことになります、つまり原料の石油を減らしたことになるわけです。ただもともとこれは材木から作っていました。だから実はプラスチックのリサイクルをしているのは、プラスチックを減らしていたような気がするけど、でも知らないうちに材木を減らしているわけです。森林の資源の節約になっている、それもきっと環境にはいいことでしょう。ただ思っているのと違うのは、必ずしもプラスチックはプラスチックの代わりをしているのではなくて材木の代わりをしている時もあるということです。

こんなに積んであります(ppt.12p)。それでどこ向けと書いてあります。大塚ビバレッジ向けというのもおいてありました。あとアメリカ製の水あるでしょミネラルウォーター、あれもこれに載せて船で運んでくるそうです。ちなみにここにちょっと水色の同じようなものが置いてあります。これは容器包装ではなくて新品のプラスチックから作った新品のプラスチックパレットと呼ばれるものです。こんなきれいな色のはリサイクル品では作れません。リサイクル品では必ず真っ黒けにします。今写真はないのですが、黒い色をわざわざ投入しています。もしそうでないとすると、これはむらむらの変な色のものが出来てしまいますので、全部真っ黒けにします。で、こちらのパレットは新品のプラスチックから作ったものなのできれいな色をしています。何が違うかという、色が違います。でももう一つ違うのは、新品のプラスチックは強いんです。例えば新品の方を 7kg ぐらいとしましょう。こちらに同じ性能を持たせようと思うと 10 数 kg の重さがあります、一個。わかります？ つまり何だかわからないプラスチックで作っているんで強度がとれないんですよ。だから同じ厚さだとすると、ポリプロピレンの新品から作ったのだとしっかりした固さがあるんですけども、こちらはさっきのああいう手のひらにのっていたああいうものを溶かして固めていますから、変なものが入っていると割れちゃうんですね。ですからその分厚みを多めに取ります。そのため、同じ性能を出すためにずいぶん多いプラスチックを使わざるを得ないという問題があります。この辺になったらだんだん議論の中心が

見えてくるかと思います。プラスチックの廃棄物はこれによって減っています。それ自身は OK です。ただ問題の一つは、これはもう真っ黒けですからこれ以外には使いようがない。この人たちがこれがまた戻ってきたらまたパレットにしますっていうけど、どうでしょう？ わかりません。

それで同じ機能を果たすには実はほとんどのものは材木で代替できる。つまり材木を代替しているだけです。減らしているものはカスケードした後の原料物ですよね。PET ボトルから PET の繊維のときは減らしているのはやっぱり PET でした。けれどこの場合は、プラスチック製品から次につながってきてパレットを作っています。パレットはもともと何だったか？ というと上の所、減ったものは実は木材でした。またさらに 100 歩譲って、いやプラスチックでも作っているのを減らしましたよ、という意見もあるでしょう。しかし実はこちらでは廃棄物とはいえ 10 数 kg 投入してやっとならば 7kg くらいつまり半分くらいの重さのものを代替しているだけですよ、ということにもなっています。

それでこれ(パレットのこと)が今、さっき上り坂調子で見えていたと思うのですが、一番用途として多くなっています。悪いことをしているとはもちろん言わないですが、これがどんどん増えていくことが良いことかどうか、ちょっと考える必要があるのではないか、ということですね。

## 5.2.現状のマテリアルリサイクルの問題点

これがマテリアルリサイクルの代表です。日本において容器包装リサイクル法で「その他プラ」として皆さんが分別して出したものは、届いているうちのかなりの割合のものがこれになります。ついでに言っちゃおうか。今これ 10 何 kg って言いました。この工場は投入したプラスチックの 7 割とか 8 割がこれになっていると思います。けれどマテリアルリサイクルの平均はもっとずっと低いです。1 トンをマテリアルリサイクルします、と言って「その他プラ」をお金をつけてもらってきます。1 トンのものを買ってきてさっき板にしたりパレットにしたりしますって言いましたね。何 kg 出していると思います？ 意味わかるかな？ リサイクル工場が買ってきて 1t 買ってくると 1t のプラスチックの製品が出てきそうでしょ。500kg しか製品にならないんですよ。残りの 500kg はごみになるんです。産業廃棄物です。いいですか、容器包装リサイクルといってリサイクルをすると買って来た 1t のうち 500kg しか製品にならなくて、しかもその製品もこんなようなもので、残りの 500kg は廃棄されるってわけです。今までは全部埋め立てられていたわけです。

だから皆さんリサイクルされていると思っているうちの約半分の半分は埋め立てられている。それでさすがに埋め立てちゃ駄目でしょ、という流れに今なっているので、埋め立てではなく、せめて燃やそうと言ってきます。良い所は燃やすだけじゃなくて燃やして少し発電したり熱を回収したりしているところです。サーマルリサイクルはやっちゃいけないといいながら、実はこういうものを作った残りの半分はそういうことをやっているんです。それで法的に OK なんですよ。いいでしょうか？



ちょっとお金の話も後でしますけれど、モノの流れとしてはそんな感じです。だからもともと 7kg なのにこの倍くらいの重さのものを作って、そのまた同じ分くらいがごみとして捨てられている世界です。これが容器包装リサイクル法のプラスチックの現実です。PET はまだマシです。さっき PET の悪口を言ったけれど、こっちはもっと色んな面白い問題、悩ましい問題がある。皆がここで本当に議論するに値することがおきています。

それでまた時間が過ぎちゃったら今日はこれで最後だからいかな。それでこれがマテリアルリサイクルで、実は今の方法が法律上では一番優先することになっています。どこの自治体でも集めたうちの最初はずマテリアルリサイクル業者にいくら高かろうが売らなさいって決まっています。何に使われるか関係なく一番最初は今のマテリアルリサイクル業者が買い取ることにしています。それで残った分をケミカルリサイクルします。

### 5.3. 「その他プラ」のケミカルリサイクル

#### 5.3.1. 高炉原料化(ppt.13p)

これは二番目か三番目に多く使われているもので、鉄を作るのに使われています。鉄は皆さん知っているでしょうか？ 酸化鉄、鉄が酸化した鉄鉱石  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  というものに石炭、つまりカーボンを入れて、カーボンが自分自身が  $\text{CO}_2$  になるときに鉄鉱石から酸素をとることで鉄が還元されて鉄という物質に変わるわけです。だから言ってみると世界中からさびの固まりを買ってきて、石炭を買ってきて一緒にあわせて石炭を燃やしながら燃やすときの酸素をそのさびの中からとっているというのが高炉です。まあ非常に悪口的な言い方でごめんね。鉄を作るっていうのは大事なことです。それは悪いことじゃない。

その石炭の代わりにプラスチックを入れましょう、というのが高炉原料化のやり方です。「原料」っていっても、別にプラスチックが鉄になるわけじゃありません。プラスチックは石炭の代わりになるっていうのを言葉上「原料」化と言っています。これも実は政治的なことで、燃やしているだけじゃないかサーマルじゃないかと言われないようにするために「原料」化という言葉を使っています。これはまあ本当に政治的に決まっています。だってなんか高炉原料化って鉄の原料になっているように見えるでしょう、違うよ。

それでさっきの逆なのですが、石炭を燃やして  $\text{CO}_2$  になっていたのと比べると、今度はプラスチックで H でも鉄を還元しますから、 $\text{CO}_2$  の削減にもなりますし、石炭の消費の削減にもなる。だけど石油の消費は削減されませんよ、ほとんど。石炭の消費の削減になります。だからこれをやると  $\text{CO}_2$  は減ります。LCA の結果を後でちょっと見ると思いますが、だけど減るのは石油じゃなくて石炭です。石炭は埋蔵している量が凄く多いので、現時点では節約する対象でないのかもしれないのですが、結果としてはこれで石炭が節約されます。

#### 5.3.2. コークス炉原料化(ppt.14p)

同じように、鉄を作っている世界ではコークスというものを作ります。さっきは石炭で

還元しますと言いましたが、実はいったん石炭を蒸し焼きにしたコークスと言う物質を高炉に入れています。そのため、投入前の段階で石炭を蒸し焼きにしている炉があるのですが、その中にプラスチックを入れるということをやっている会社もあります。というかこれは新日鉄(新日本製鐵株式会社)っていう会社で、前の会社が JFE(JFE スチール株式会社)っていう日本にある二大製鉄メーカーです。これをやるとプラスチックが一部分炭素の塊になってコークスになりますし、水素が入っていますので、一部分油に変わります。それは一部分が化学原料にもなったり、あるいはガスにも変わりますので、ガスは燃料として使うというような形の使い方をしています。

これも非常に効率の良い方法と言われていまして、実際に LCA の結果として非常に良い結果を示します。CO<sub>2</sub> の削減に対しては非常に良い結果を示します。

### 5.3.3.ガス化(ppt.15p)

あと「ガス化」というのも行われています。プラスチック、C と H のものでして、さっき天然ガスが CH<sub>4</sub> というメタンだと言いましたが、C の長さが長いと固体ですがプラスチック。C の長さがちょんちょん、って熱でちょん切っていくと、最後はガスになります。たとえば C が何個か並んでいて、10 個以下で並んでいるとガス、うーん 10 じゃガスじゃないな、まあとにかくもうちょっと短い部分でガスになります。この図のように加熱してガス化します。ただもちろんガスにするのに、ここで熱を加えていますので、プラスチックが全部ガスになって出てくるわけではないです。自分自身を燃やさないでガスにはならないわけです。まあいずれにしてもガスになって、このガスを直接燃料にする場合もあります。他にも日本の例えば川崎にあるところでは、この合成ガスは一酸化炭素と水素の混合物ですので、その水素を取り出してアンモニアを作っています。つまりプラスチックをリサイクルして、そのプラスチックの中の水素分だけをアンモニアに変えるというようなことをしていますし、将来水素として何か需要が出てくれば水素として売ることもありうるでしょう。残念ながらカーボン分を、彼らいわくドライアイスにして売っています。あと夏の時期は、緑色のボンベの中に詰めて生ビールを飲むときに泡を追加して CO<sub>2</sub> 使いますよね、ああいうところに売っていると言うのですが、まあ CO<sub>2</sub> を排出しています。製品になっているのは H だけです。

### 5.3.4.油化(ppt.16p)

油化。これはもう非常に日本では厳しい状態にありまして、二箇所しかないです。札幌と新潟にあります。これは新潟の設備だと思えます。これも一生懸命溶かして、熱分解層っていう所で溶かして油の状態にします。もともとの石油の油に代わりますので精製油というものになります。このルートを見てください。自分ができた油を加熱炉というところで燃やして、後から来るものを加熱しています。だから 100 入ってくるとここに出てくるのは 100 よりずっと少ないですね。さっきマテリアルリサイクルで半分って言いましたけ

れど、油化っていうのも半分くらい、もう一回自分を燃やさないと後から来るものを分解できません。ですから 100 入れると 50 くらいしか油にならない、ということになっています。あと必ず塩化ビニルが入っているんで、塩化水素が出てきてそれは塩酸と言う形で回収されます。これもそういう意味では効率に非常に問題があると言われてます。このプラントが実は作るのが大変なのと、新潟で作ったときは火災事故を起こしたり詰まってしまって事故を起こしたりということで運転するのも難しいということですね。

#### 5.4.サーマルリサイクル(ppt.17p)

最後にサーマルリサイクルです。これは現状では容器包装リサイクル法の枠組みでは認められていません。これは非常に特殊なサーマルリサイクルですが、単純に燃やすものもあります。この場合は結果としては燃やして発電機とします。お湯を沸かしてその蒸気のエネルギーで発電するというような仕組みをとっています。サーマルリサイクルの場合、ダイオキシンの問題とか、結果として灰が大量に出てくるからその灰をどうするか、とか問題はいっぱいあります。

それでちょっと LCA の方法の話はもうなしにして、結果だけ見てみますね。

#### 5.5.「その他プラ」リサイクルの LCA 的評価

##### 5.5.1.マテリアルリサイクルの LCA 的評価(ppt.19p)

これは、さっきのマテリアルリサイクル。パレットの絵を見せましたが、パレットとかそういうものにしたときの LCA の結果です。例えばこれ(一番左のグラフ)、さっき作ったパレットで、ワンウェイっていうので一回しか使わないようなパレット。一回しか使わないパレットでかつ相棒(代替したもの)が新規で石油から作ったポリプロピレンで作ったパレットを代替したという計算をします。もともと新品のプラスチックで作るとこのくらいの環境負荷があって、リサイクル品だとこんな環境負荷になるので、これからこれに変わって一枚のパレットというのを製造したことになるので、一枚あたりこのくらいの CO<sub>2</sub> 削減になりますよ、という数値です。意味わかります？ さっきのあの水色のパレットが黒いパレットに変わりました。使う人は同じ荷物を一回運べます。だから社会に提供しているものは一緒です。ですからワンウェイが良いとか悪いとかそういう話じゃなくて、リサイクルでああいう真っ黒なのを作った場合と、新品のものを作った場合の環境負荷をライフサイクルから考える。石油から作る、あるいはリサイクル全部かけて作るという場合の CO<sub>2</sub> の発生量を全部計算してあげて、結果として発生する CO<sub>2</sub> 量の引き算になりますね。リサイクルした場合からリサイクルしなかった場合の差としてこういうふうには CO<sub>2</sub> の削減効果が見えますよ、ということです。ただこれは相棒がプラスチックだったから良かったんですが、さっきから言っているようにパレットというのはかなりのものが木材からできています。

木材だったと思うとすると、(左から二つ目のグラフ)このくらいの影響しか出ていない。

まあ悪くはなっていない、というくらいはいえると思いますね。

それでこれはリターナブルパレットって書いてあります。ワンウェイは一回使い捨てパレット。リターナブルは何度か使えるタイプのパレット。ちょっと重くなります。だからちょっと環境負荷が増えるんですけど、重くなるようなものを作ったとして考えるとかなりCO<sub>2</sub>の削減効果は見られます。1kgの回収したプラスチックあたり2kgくらい削減できるということなのでまあまあかな、というところですね。ここらへんがさっきの木のパネルということで、コンパネと書いてありますけれども、建築資材として使われる板を作ったときにも同じような議論です。木材として考えるのかどうか。こっち(コンパネ)は木材ですね。木材に対して5倍利用(一番右のグラフ)、ちょっと無理やりですが長持ちするので5回使ったとするわけです、そんなことになっています。

### 5.5.2.ケミカルリサイクルのLCA的評価(ppt.20p)

こちらがケミカルリサイクルとってさっきお話した、たとえば高炉還元剤。ちょっと色々あるんですけど、このコークスを代替したとすると、高炉還元にすると実はCO<sub>2</sub>がぐっと下がります。コークス炉っていうのも新日鉄がやっている方法で、ぐっと下がります。さっきの2kgっていうのよりずっと良くなりますね。3,数kgくらいCO<sub>2</sub>の削減効果が現れます。そりゃそうですね。だって石炭をどんどん酸化させてCO<sub>2</sub>にしていたのを、プラスチックでHにしたのだから、良くなるに決まっています。ただここには出てこないけど気をつけないといけないのは、石油は減っていないですということ。だけど石炭は減りました、だからCO<sub>2</sub>も減りましたということです。

油化はこういうのに比べるとがくっと悪いのは自分自身を0,5燃やさないと次からくる1を油に出来ないの、効果はたかがしれてしまうということになります。ガス化して燃焼するかアンモニアを作るかによっても、どういう風に比較するかっていうのはLCAの一番難しいところなのですが、まあこれは一つの例としてみてください。

ただ見てわかるとおりですね、どれもそれなりの効果はあります。しかしCO<sub>2</sub>削減の効果はあることはわかりますが、実は一個のプラスチックを作るときのCO<sub>2</sub>に比べてそんなに凄く良いか、ということでもありますね。

### 5.5.3.サーマルリサイクルのLCA的評価(ppt.21p)

これは容器包装リサイクル法では認められていないサーマルリサイクルです。RPFって書いてありますけれどもRefused Plastic Fuelのことです。さっきあの手の上ののっているプラスチックの粒がありましたね、あれはあのまま良い固形燃料になります。それであれをRPFと呼びます。あの人たちは燃やさずに溶かして成型していますが、あれを燃料にすると、実は重油に比べてこのくらい(左から1つ目のグラフ)CO<sub>2</sub>の削減効果があるんですね。なんかさっきの変なマテリアルリサイクルをするよりも良い燃料に変えてしっかり燃やしたほうがCO<sub>2</sub>の削減になりそうです。それからセメントを作っている工場も凄くエネ

ルギーを使うのですが、そこも石炭や重油を使っていますのでその代わりにああいうプラスチックを入れてあげますとこのくらい(左から2つ目のグラフ)減ります。

ですからこのへんは非常に効率よくプラスチックの持っているエネルギーを回収する仕組みなので凄く効果が出ます。しかし一方でただ燃やしてちょっと発電しますっていういわゆる自治体の焼却設備に入れてしまうと、エネルギーが効率よく回収できないです(右から1つ目のグラフ)。100っていうエネルギーが出るとするとそのうちせいぜい10くらいしかエネルギーを利用できないので効果はしれているということです。こちらは実は凄く効率が高いです、ですのでよりよい結果がでます。でも法律では許されていません。どちらも許されていません。

#### 5.5.4.資源&CO<sub>2</sub>削減量(ppt.22p)

この図はプリントではとても見えにくいと思います。すいません。ただインターネットで、経済産業省の産業構造審議会の環境部会のプラスチックの何とかっていう所(注2)の議事録とか配布資料が全部ダウンロードできるようになっていて、その中にこういう絵が全部出ています。もし興味があったらインターネットで簡単に出てきますのでそっちを見てみてください。今日はお話だと思ってください。

これ横軸は何と見るかっていうと、この紫色のところは天然ガスを削減しています。それからこのブロックのようになっていくところが原油を削減しています。それからこっちは斜めに入っているところが石炭を削減します。さっきから言っているのはどういうことかという、これ(青い折れ線グラフ)がCO<sub>2</sub>の削減割合です。

それで高炉に廃プラスチックを投入すると、実は石炭が凄く削減されます。そのぶん合わせてCO<sub>2</sub>も凄く削減されます。だけど石油の削減はほとんどないどころか実は石油の消費量は増えています。それはみんな石炭を使っているところに入れると同じことになります。アンモニアとかは天然ガスを使って工場で作っていますので天然ガスの削減になります。パレットになっていることを良い悪いとか言いましたけれど、ああいう場合はもともとプラスチックをプラスチックに変えたと思った時だけは石油が減ったことになります。実はプラスチックのリサイクルをした時に、リサイクルした先で何の代わりに廃プラスチックがしてくれたかということをよく考えないといけない。社会の仕組みの中で何を減らしたか、プラスチックをリサイクルすると原油をドラム缶何個分削減しました、と時々会社が宣伝しています。あれはですね、削減したエネルギーを何MJとかがって計算してそのMJに当たる原油の発熱量を計算しただけで本当には原油を削減していないことがほとんどです。だから注意するのは、CO<sub>2</sub>を減らしたいのならOKです。でも石油の消費を減らしたいのならnotOKですね。ただこのへんを見ると、コークス炉の化学原料化はちょっと石油の削減にもなっています。

ということでCO<sub>2</sub>を減らしたいのか、石油の消費を減らしたいのか、ということをよく考えて仕組みを作っていくかといけませんよ。とにかく何でもかんでもマテリアルが

絶対にいいです、っていうのが今の容り法ですから、こちら(パレットやコンパネ)の方のターンが優先的に実施されてその次にこっちになっていくということです。

もう少し見やすい図(ppt.23p)でちょっと比較してみましょう。これが横軸、CO<sub>2</sub>の削減量です。それでセメント焼成とか RPF、上手に燃やすとか、あと高炉っていうのはプラスチックに入っている C とか H を非常に上手に使いますので、このへんは CO<sub>2</sub>を減らすには非常に有利です。一方でパレットにするマテリアルリサイクル系はですね、まあ良い所もあるし状況によっては実は悪いかもしれないという結果が出てきます。木材代替だと思って色んな状況を見ると LCA の結果にこれだけ幅がでます。だからこのへんはどちらだと思いかよくわからないのですが、状況によってかなり違います。油化っていうのはただ燃やす場合の半分くらいに減ります。半分自分を潰すのに必要なので半分くらいになります。

ちなみにこれ皆さんにお見せしていますが、さっき言った経済産業省や環境省の HP からダウンロードする資料や公表されている資料では、サーマルリサイクルのデータが消えています。これを計算する時には私はいたのですが、最終的に政治的な判断でこれが消えています。いいのでしょうか？ これ皆さんに見せちゃっていいかわからないです。私が持っている書類には入っていたので皆には見せちゃうのですが、実は公表されていません。そもそもサーマルリサイクルはしないことになったのだからこの計算自体に意味がないとおっしゃる方がいたんです。

## 6.容器包装リサイクル法を巡る現状

### 6.1.春の審議会での決定(ppt.24p)

次ですね。ちょっと字ばかりでごめんなさい。これもホームページでこういうところ(注2に同じ)を見ると出ています。議事録の所に出ています。まあ結果として、LCA はちゃんとやりましょうという結論が出て、この審議会をやっている中で私たちが LCA をやってみました。けれど結論としてはさっきのこの図から議論の中で使ってもらえるほど何かを言い切ることはできなかつたんです。本当は一部の人はマテリアルリサイクルばかり優先することはやめようという方向に考えていたんですが、現在の時点ではまだ材料リサイクルを優先的に扱うという一文が残っています。だけど今後もしっかり LCA はしましょう、ということです。実際まだ LCA はちゃんとやるという仕事は続いています。

この春(2007年春)に決まったことで一番大事なのは、今容り協(容器包装リサイクル協会)というところが全国の全部の情報を抱えてそれを全国のどっかに売ってしまうという仕組みをとっているのですが、やっぱり各自治体が自分たちはどうしたいというのをはっきり言えというわけです。つまり今は容り協が勝手に入札してしまいますから、自治体はどうしたいっていうのを選べないわけです。でもそうじゃなくて地域において自分たちが集めたものを、地域の意向を踏まえる形で再商品化されるような仕組みを導入するということが明文化されました。一応今年試験的にやることになっているので、どっかがやっているんじゃないかと期待しているのですが、それ以上の情報が今の所私の所にはないです。こ

れは案外大きな話ですね。さっき言ったように消費者は何をやるんだ、自治体はなにをやるんだ。分別して後は容リ協がどっかに持っていった、じゃなくて俺たちはこうやって集めたのだからこういう風に利用して欲しいと考える。そしてそういう時にさっきのような LCA を見て、やっぱりこういう風にしたいという意思が大事ですよ。そういう環境負荷に関する情報の把握と提供に努めることが必要であると書いてあります。

なかなか難しいですよ。今日のお話みたいなことも、皆さんには一生懸命お話させてもらっていますが、普通の消費者の方にどうやってお伝えするかっていうことは難しく、そのためにはエコマーク、環境ラベルとかグリーン購入法を活用しましょうということにはなっています。これも議事として残っているものですね。

## 6.2.LCA 結果の全てが公にされていない理由

それで今ちょっと言いましたが、さっきの LCA の結果全ては公認されていません (ppt.25p)。それはどうしてかっていうと、1つは政治的な話です。もう一つは LCA をやった側である私たち自身もまだデータが不十分で不確実なところが一杯あるので、これで結論を出されるとちょっと辛いなあという気持ちもあります。それから LCA ではさっきからお話しているように CO<sub>2</sub> で評価するのか何を削減したのか、SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub>はどうか、経済的な効果はどうか、という面が全部評価できたりできなかったりします。あるいは評価できてもあっちが良いけどこっちが悪いということがすぐ起きます。その辺の存在について議論をし尽くしていないもので政策としてどちらに向けるべきかということが明確には言えない、というところでもあります。これはちょっと一言しか書きようがなく、どう書くか悩んだのですが、ひたすら私がやらないといけないと思っているのは、どうやってああいう技術やリサイクルの仕組みを評価するのかを考えることです。LCA の専門家になっても難しいなあと思っているところです。

## 6.3.プラスチック製容器包装再商品化手法 現状の問題点について

ここから先(ppt.26p~)は私が作ったスライドではなくて容器包装リサイクル協会というまさにこの容リ法の総元締、財団法人ですが実態は特殊法人ですね。じつはこの資料も改訂されたのですが本音を書いてある部分のスライドを勝手にコピーしています。(ppt.29pを見て)何を言いたいかっていうと、一つは、PET ボトルはちょっと前平成 12 年(2000 年)の頃に 1 トンで 6、7 万円くらいのお金をつけてリサイクルしてもらっていたんです。PET ボトルのリサイクル業者は、うちはリサイクルをしますって言って入札するときに、うちは 7 万円もらえればやりますよっていうように入札していたんです。けれど PET ボトルはそれからどんどん下がっていきました。0 になった時点で私は一切もらわなくてもリサイクルしますからください、となった。それで去年トンあたり 2 万円、つまり kg20 円くらいになりました。-(マイナス)20 円だよ。何かって言うと、トンあたり 2 万円払うから下さいになったんです。つまり中国の会社がお金払うから下さいと変わったので、中国に対抗

するために国内でも入札するために 7 万円もらっていたのを 2 万円払わなきゃいけなくなりました。今年は実はここー(マイナス)4 万円に変わっています。もっと下がりました。それで PET ボトルのリサイクルを大量にやっていたある会社は倒産しましたね。大きかった会社が倒産しました。やればやるほど赤字になるので倒産しましたね。一方さっきお見せしたパレット。こちらは下がらないです。なぜなら中国が買わない。これが恐ろしいことに 1 トン当たり 8 万円以上くれるわけです。さっきのパレットを作るのにプラスチックが 1 トン自治体から搬入されますよね。その時に一緒にお金が 1 トン当たり 8 万円くっついてくるわけです。これがお金の仕組みなんです。そのお金はどこから来るかというと、容器包装を作っていた特定事業者という人たちが容器包装リサイクル協会にお金を一杯払ってリサイクルしてもらっているわけですね。特定事業者というスーパーマーケットとか容器を作っている会社が払っているわけです。いいですか、さっきのパレットを作るために 1 トンのプラスチックを買うときに 8 万円もらっているんですよ。それで 8 万円もらって 1t のうち 500kg ごみとして捨てて、500kg だけ作っているわけです。また、これはデータがあるんですけども、8 万円で買ったプラスチックを半分捨てて残りの半分いくらかで売っているかっていうと、一番安いところは 2000 円くらいです。つまり引き取った所は実は売れようが売れまいが、お金がついてくるのだから引き取ったもの勝ちです。それでマテリアル優先なのでマテリアルの所が勝つようになっていきます。だから PET ボトルは市場の関係で下がる。紙も下がってきました。紙も中国が買うのでどんどん下がってー(マイナス)になることもあるでしょう。ガラスはもともとの仕組みなのでこんなものですよ、もとの値段が安いからです。プラスチックはこんな感じがずっと続いていて、今実際容器包装リサイクル協会の入札では最高価格を決めていてこれより高く入札した所とはもう駄目って切っているからここでとまっています。しかし場所によっては 8 万円以上です。離島から買ってくるときは 10 万円を大きく超える額でリサイクルしています。まあだからそのくらいお金がかかっているわけです、それで出来るのがああいうものです、はい。

容器包装リサイクル協会や行政関係の一部の人は、これは駄目だろうと思っていてもっと良い仕組みに変えたいなという気持ちはあるのですが、まだ現状ではなかなか難しいです。これ(ppt.31p)を見ると材料リサイクルの構成比が今ほぼ 50%です。それでこの点線は予想なのですが、このまま行ったら全部マテリアルリサイクルになっちゃいます。8 万円がついてくるんだもん、皆やりたがるに決まっているよね。それでその他のリサイクルはどんどんしぼんでつぶれていってしまっています。リサイクルはどんどん進んでいるように見えるけど半分はごみになって、出来たものはああいうものということです。ちょっと私の主観が混じった言い方で無茶苦茶になっていますけどそういうことですね。

今日お見せした絵に関しては、実はこういう(ppt.34p)「プラ再商品化に関する環境負荷等検討委員会」というのがあります。そこの一人が私でありまして、この委員長の石川先生というのが実は私の研究室の先輩です。この稲葉さんっていう人も LCA の大先生ですね。



森口さんって方は国立環境研究所のリサイクル関係で最近テレビに出て、有名なリサイクルしちゃいけないっていう先生と戦っている先生です。時々テレビに出ていますね。雑誌なんかでも公開討論とか。まあせっかくこういう中の情報を知っているのでもちよっとお話しようかなと思ってお見せしました。これは全部私が作ったのではなくて後半の所は容り協の作った資料そのものであります。

というところで、現状をお話したわけですが、ちょっと私の口ぶりから現状が非常に良くないところも含めてお話したと思いますね。技術と、技術の LCA としての評価。また現実はお金がついてくる話で、そのお金はどうなっているかについての情報。もうすでに寄本先生とかがお話されたこともあるのかもしれませんが、ちょっとそのへんの重なりはわかりませんが。これに加えて今中国に流れていってしまうこととか、容りでないプラスチックのこととか、ビンがなくなってしまうとか、色々と他の問題との関わりがまだまだあると思います。ごめんなさい、また時間が目一杯なんですけど、どうでしょう何か質問とかあるでしょうか？

もちろん今日聞いたばかりで質問しにくければメールをくれれば回答します。

(質問特に出ず)

暇があったらさっき言った国の審議会の議事録なんかを見たら面白いのですが、ああいう国で議論しているのは審議会とかに出てもちっとも議論が進まない。本当に消費者の方の中には絶対にマテリアルリサイクルが大事ですととうとうと述べる方もいらして本当に難しいなあと思います。

今度、年が明けたらイオンの上山さんお呼びになっていますよね。上山さんもこの委員のお一人で事業者としては非常に大事な意見を持っていらっしゃる方ですのでまた面白い大事なお話が事業者の立場から聞けるとと思いますね。彼らはお金を負担している側ですので、凄く不満があることだと思いますし。だけどイオンは、上山さんという一人の存在で凄く頑張っているところで、ぜひ上山さんの話を聞いてください。

(質問出る)

Q：審議会でこうしたデータとかそういったものを提出すると思うんですけど、そういうデータを発表・検討する中で改正容り法の仕組みが決まったりしたのですか？

A：改正容り法自体はこのデータを出す前に決まってしまうました。それで次の改正狙いで議論をしています。次の 4 年くらい先の改正がある時のために議論が始まっています。だからいったんもう揉めないくらいのところで改正容り法は出来ちゃっています。

Q：審議会の中では CO2 を優先するとか石油を優先するとかのレベルまで議論が進んでいるのですか？

A：正直に言うと審議会の場ではそういうところまでお話が出来なかったですね。結局そういう違いがありますよ、ということは紹介したつもりなのですが、非常に短い時間で紹介するだけで、LCA の背景とかもお話しませんので、やっぱり CO2 というものに偏った議

論になってしまいますね。

(この後質問出ず)

審議会では、私も大学関係者ですが、あと他には経済学部の方に経済の仕組みのほうからご意見を頂いたりというようなこともありますね。あと石川先生って言うのは私の研究室の先輩なのですが、工学部を出て工学博士をとって今神戸大学の経済学部の教授です。リサイクルで最初に先駆的なお仕事をされた方で、経済的な問題に取り組まれています。工学出身で経済学部の先生なんです。

私はだいぶ仕組みの問題について言及しましたが、私が話したような環境負荷の問題と一方写真で示したように起きている現実、どういう風にリサイクルがされているのか皆さんもぜひ考えてみてください。あの写真も実は一例でしかないのが残念ながらこれが全部だとは言えないです。もっと悪いところもあるし良い所もある。パレットとかはあそこの会社は明らかに良い所ですね。

(写真による中国のリサイクル事情の紹介については省略します。)

ちょっと最後時間過ぎました。質問がなかったので、2, 3分とお見せしました。こんなことをやっていますので、今後皆さん勉強してもう少しリサイクルのことを知りたいたいとかあればいろんな情報を皆さんに示すこともできますし、質問に答えることも出来ますので、遠慮なくコンタクトしてください。では今日はこれでおしまいにしましょう。次回皆来てくれてありがとう。またどこかでお会いしましょう。

(注1)2004年5月出版『容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書－飲料容器のLCAに関わる実態調査－(平成15年度)』。環境省図書館において閲覧可能。

(注2) 廃棄物・リサイクル小委員会容器包装リサイクルワーキンググループプラスチック製容器包装に係る再商品化手法検討会のこと。環境省のホームページから入れる。