

C-01-2007

YIES Conference Report

山梨県環境科学研究所 国際セミナー2006

報告書

「プラスチック・リサイクルの現状と未来」

－プラスチックのリサイクルは循環型社会に役立つか－

平成18年度

山梨県環境科学研究所
国際セミナー2006実行委員会

C-01-2007

YIES Conference Report

山梨県環境科学研究所 国際セミナー2006

報 告 書

「プラスチック・リサイクルの現状と未来」

ープラスチックのリサイクルは循環型社会に役立つかー

平成 18 年度

山梨県環境科学研究所 国際セミナー2006 実行委員会

はじめに

世界経済の発展に伴い、石油を原料とした様々なプラスチックが研究開発されてきました。プラスチック製品の長所として、軽くて丈夫、耐久性に優れ、安価に大量生産できることが挙げられます。それゆえ、プラスチックは家電製品や自動車、また飲料ボトルや食品などの容器包装などに用いられ、現代社会にはなくてはならない素材となりました。その反面、廃棄物になると長所は短所になり、多くの輸送費や、大規模な最終処分地が必要となります。また、焼却方法が不適切であるとダイオキシンが発生することや、貴重な石油を浪費することも問題でした。このような様々な問題を解決する必要があったため、廃プラスチック問題は循環型社会へ歩むきっかけをつくったとも言えます。その基本骨格のひとつである容器包装リサイクル法ができて10年、プラスチック・リサイクルは世界で最も進みましたが、問題も出ています。

山梨県でも毎年、家庭や産業活動から大量の廃プラスチックが発生しています。それは厄介者ですが、中国やインドなどの経済成長が続き、石油の増産が困難な状況では、その特性をよく理解し、適切にリサイクルして、資源環境を保全し、持続しうる社会を目指すことが重要な課題です。

当研究所、環境資源学研究室においては、廃プラスチックの処理に関する研究に取り組んでおり、環境負荷の少ないリサイクル技法の確立のため、研究・開発に努めております。近年、環境問題が顕在化し、多くの人々がリサイクルに関心を寄せるようになりました。そこで本年度、「プラスチック・リサイクルの現状と未来」をテーマにセミナーを開催いたしまして、これからの廃プラスチックの処理方法について皆様方と一緒に討議し、考える機会を持たせていただきました。本セミナーでは国内・国外からの招待者の先生方から廃プラスチック・リサイクルについて、研究事例をご紹介いただくとともに、本県における容器包装廃プラスチックのリサイクルの課題と今後の方策について総合的に討論を行いました。本報告書は、セミナーの基調講演や総合討論の内容をわかりやすくまとめたものです。主催者として、この報告書が廃プラスチックのリサイクル問題に関わる多くの事業者、研究者だけでなく、一般の方々にもリサイクル問題について考えていただく契機になれば幸いです。

終わりになりましたが、本国際セミナーは、ご講演いただいた諸先生方、セミナーに参加していただいた沢山の方々、またセミナーの運営にご協力いただいた本研究所の客員研究員であります、東北大学名誉教授の奥脇先生、静岡県立大学の佐野先生など、多くの皆様のご支援、ご協力により開催することができました。これらの全ての皆様に、厚く感謝を申し上げ、ご挨拶とさせていただきます。

山梨県環境科学研究所 国際セミナー2006
実行委員長 小俣 一彦

目 次

はじめに	1
実行委員長 小俣 一彦 山梨県環境科学研究所 副所長	
基調講演	
総合座長:奥脇 昭嗣 実行委員	
「国内における廃棄プラスチックの現状およびポリ乳酸のリサイクル技術と将来」.....	3
西田 治男 (近畿大学分子工学研究所 助教授)	
座長:鈴木 嘉彦 (山梨大学工学部長 教授)	
「Best Practices for the recovery of plastic waste in Europe - Facts, experience, recommendations and guidelines by PlasticsEurope, 2006 -(原文)」.....	7
Aafko Schanssema (Plastic Europe, Ph.D., Germany)	
「欧州における廃棄プラスチック・リサイクルの現状と未来(日本語訳)」.....	15
アフコ シャンセマ (欧州プラスチック協会 理事 ドイツ)	
座長:阪田 祐作 (岡山大学 名誉教授、同大学特命教授)	
「Textile waste – recycling processes and possibilities of recycling(原文)」.....	23
Renate Lützkendorf (Theuringisches Inst. Textil-und Kunststoff-Forschung, Ph.D., Germany)	
「ドイツにおける化学繊維リサイクルの現状と未来(日本語訳)」.....	30
レナーテ ルツケンドルフ (TITK 研究所 主任研究員 ドイツ)	
座長:Volker E. Sperber (ヴォルカー・スパーバー) (カッセル大学 博士 ドイツ)	
総合討論	
「容器包装リサイクルの課題と今後の方策」.....	35
座長:奥脇 昭嗣 (YIES 客員研究員、東北大学名誉教授、同大学客員教授)	
パネリスト:鈴木 嘉彦 (山梨大学工学部長 教授)	
吉岡 敏明 (東北大学大学院環境科学研究科 教授)	
窪田 真弓 (NPO 法人スペースふう 事務局長)	
関口 通哉 (山梨県森林環境部循環型社会推進課 課長補佐)	

山梨県環境科学研究所国際セミナー2006 実行委員会設置要綱

国内における廃棄プラスチックの現状およびポリ乳酸のリサイクル技術と将来 PLASTIC WASTE RECYCLING IN JAPAN AND RECYCLABLE PLASTIC, POLY(LACTIC ACID): ITS POTENTIALITY

西田 治男

近畿大学分子工学研究所 助教授

【国内における廃棄プラスチックの現状】

2004年、廃プラスチックの総排出量は1,013万tであり、その内611万t(60%)が有効利用されています。国内での樹脂生産量は1995年に1400万tに達して以来、1,400~1,500万tの範囲で推移しています。廃棄されるプラスチックも、1998年以降、約1,000万tで横ばい状態が続いています。これに対して、廃プラスチックの有効利用率は着実に上昇し続けています。(表1.)

2004年の統計では、有効利用の方法として、サーマルリサイクル(熱回収)が399万t、マテリアルリサイクルが181万t、ケミカルリサイクルが30万tになっており、とりわけ廃棄物発電(215万t、21%)が大きな割合を占めています。現在、廃棄物による発電能力は106万kW(210万世帯分)に達しています。

容器包装リサイクル法に基づくポリエチレンテレフタレート(PET)ボトルのリサイクルは1997年4月から始まり、当初はボトル生産量が急増したこともあって、未回収PETボトルが増加するという逆効果を生み出しましたが、2000年以降、回収量が増加し、2004年には回収量32万t、回収率62.3%と米国(21.3%)、欧州(推定31.5%)をはるかに超える回収率を達成しています。その他プラスチックについても、2000年の施行以降、市町村での回収量は伸び続けて、2005年には528,528tに達しています。

家電リサイクル法に基づく家電4品目

(エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機)の引き取り台数は、昨年度、1,162万台に達しました。再商品化率は重量ベースで74.4%、その中でプラスチック類の再商品化率は全体の15.2重量%でした。さらに、2005年より自動車リサイクル法が施行され、資源の循環有効利用は日本社会の基盤システムとして、ますます根付きつつあります。

上記の廃プラスチックの有効利用の中で、油化/ガス化/高炉原料化によってケミカルリサイクルされた量は30万t(3%)に過ぎません。しかし、将来の資源循環型社会を考えたとき、非カスケード型リサイクルとしてのケミカルリサイクル技術、とりわけ直接原料に戻すモノマー還元型ケミカルリサイクル技術は、クローズドループリサイクルを完成させて持続可能な循環システムを構築する上で必要不可欠な技術と考えられます。このようなケミカルリサイクル技術として、PETの原料への還元は既に大型プラントで実証され、ナイロンについては繊維メーカーでユニフォームなどのリサイクルシステムが確立されています。更に、ポリスチレンや不飽和ポリエステル樹脂、ポリウレタン、ポリ塩化ビニルなど各種プラスチックからの原料モノマーへの還元についても技術革新が進んでいる状況です。

【資源循環型材料ポリ乳酸のリサイクル技術】

このような資源循環型社会構築に向けた動きの中で、再生可能資源であるバイオマスからのプラスチック材料の開発が進展しています。その代表的な材料がポリ-L-乳酸(PLLA)です。ポリ乳酸は、生分解性材料としてもよく知られている材料ですが、生分解性やケミカルリサイクル機能を発現する上でキーとなる化学構造部位が基本的に同じであるため、PLLAは優れたケミカルリサイクル性材料として捉えることもできます。

私たちは、PLLAからモノマー還元型リサイクルを効率的に行うために、安全性の高い触媒として酸化マグネシウムや水酸化アルミニウムを用いて検討しています。エクストルーダーの中で、これらの触媒の存在下にPLLAを250~300℃に加熱すると、原料モノマーであるL,L-ラクチドが選択的に回収(解重合)されます(図1.)。その際、他のプラスチック(例えばポリエチレン)が混入していても、PLLAだけが分解されて原料に戻り、ポリエチレンはそのままマテリアルリサイクルされます。いわゆる“自動分別ケミカル/マテリアルリサイクル”を提唱しています。

水酸化アルミニウムは、家電機器やデジタル電子機器部品のプラスチック用難燃剤として利用されています。この水酸化アルミニウムは、炎の中では難燃化剤として、250

~300℃の温度範囲ではPLLAのケミカルリサイクル触媒として働くことが解かってきました。つまり、再利用が難しい難燃化プラスチック製品のリサイクルを可能にする一つの方策が示されました。

【循環型社会への課題と方策】

現在、日本は資源循環型社会構築に向けたダイナミックな変化の只中にあります。高性能で高機能かつ廉価な製品を追求し発展してきた“ものづくり”の考え方に、“資源循環”というキーワードが加わることによって大きなカーブを描いている状況です。資源循環技術は、それ単独でかつ短期間に経済的効果が現れるものではないと思います。プラスチックトレーのリサイクル事業に取り組んだ企業は、黒字になるまで長い年月を要しました。そして、現在、家電メーカーや自動車メーカーの開発担当者は、リサイクルの現場に出向き、10年後にリサイクルされる製品のための材料・デザイン設計に取り組んでいます。このような世界に先駆けた循環型社会構築への技術的取り組みが、10年後に日本が世界をリードする技術の一つとなるためにも、官・民・産の相互協力によって、より良い社会の基盤システムを育てていくべきでしょう。

Haruo Nishida: Molecular Engineering Institute, Kinki University, 11-6
Kayanomori, Iizuka, Fukuoka 820-8555, Japan

著者:西田 治男, 〒820-8555 福岡県飯塚市柏ノ森 11-6 近畿大学分子工学研究所 助教授

表1. 廃プラスチックの有効利用量と有効利用率の推移

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
有効利用量(万t)	221	358	399	435	452	494	535	542	575	611
有効利用率(%)	25	39	42	44	46	50	53	55	58	60

出展:プラスチック処理促進協会HPより

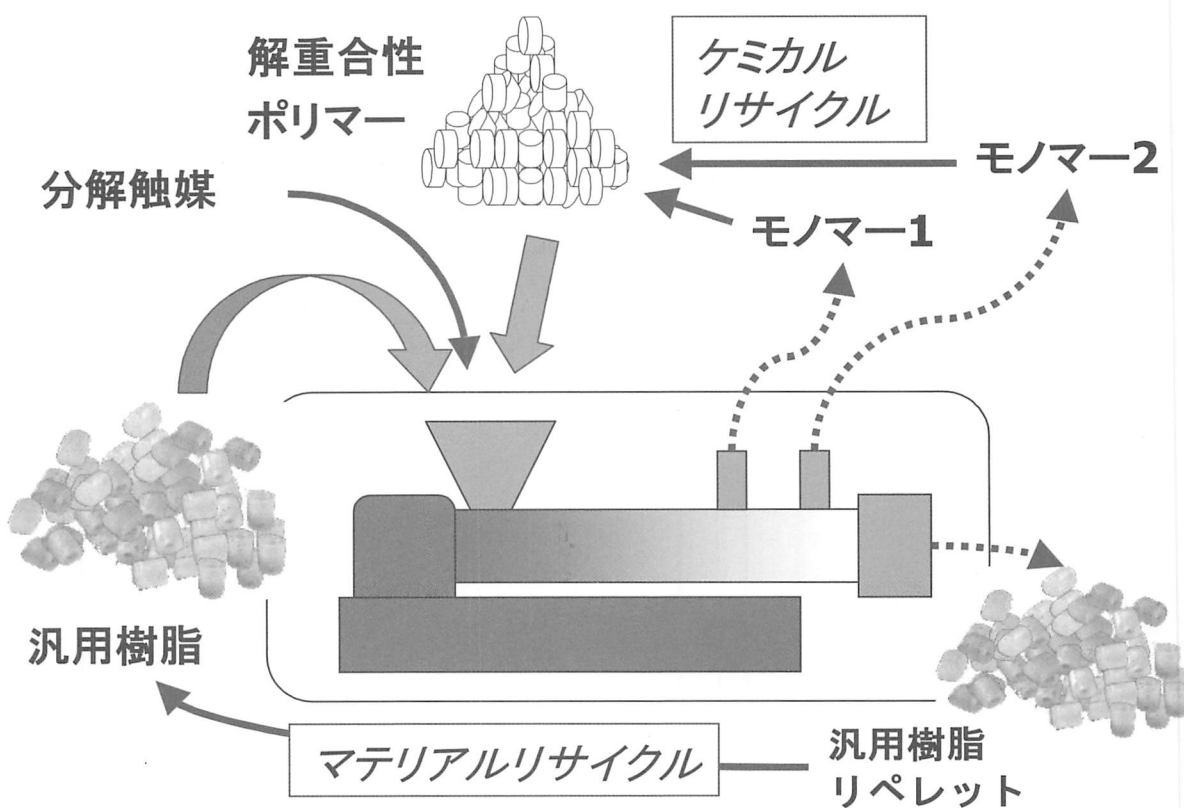


図1. 自動分別ケミカル/マテリアルリサイクル

Best Practices for the recovery of plastic waste in Europe -Facts, experience, recommendations and guidelines by Plastics Europe, 2006-

Aafko Schanssema

Plastic Europe, Germany

Executive summary

The European Plastics Manufacturers have been actively involved in plastics waste management since the early nineties, in the beginning as PWMI, the Plastics Waste Management Institute, then as APME, the Association of Plastics Manufacturers in Europe, and since 2 years as the pan-European network organization PlasticsEurope. The collected amount of knowledge via studies and report since then is huge, as a responsible industry PlasticsEurope would like to share as much as possible of this knowledge.

Plastics are everywhere in our daily life: whether it be for use as protective packaging, as lightweight materials in transportation, or insulation in houses – life without plastics would be difficult to envisage. Despite plastics use is only 4 percent of the oil and gas consumption in Europe. Although plastics consume energy during their production phase, the major savings can be achieved during its use phase. A study has quantified the effect if plastics would not exist.

The variety of plastic types with different balances of properties means an optimum balance of processing and end-use performance can be achieved. On the backside recycling becomes more complex, especially when product streams

are inevitable mixed and contaminated. This is the key reason why plastics waste needs all the available recovery options: re-use, mechanical recycling, feedstock recycling and energy recovery. The least preferred option is landfill. Landfilling plastics waste is like putting back oil into the ground.

Recycling is considered as the key route to resource efficiency; true for many materials, recycling of plastics however, has a limited potential. The key reason is that the availability of clean and homogeneous waste streams is limited. Eco-efficiency studies confirm that the maximum environmental benefits are achieved around 15-20 percent mechanical recycling. With heating values comparable to oil, plastics waste at its End-of-Life phase is very attractive for energy recovery. With at the same time a relative good environmental performance, this option has the potential to recover the majority of the contaminated and complex waste streams, however markets for Solid Recovered Fuels need to be developed. Increasing landfill gate fees would be a first step.

Based on the facts and experiences collected during the last 15 years a set of guidelines is developed to develop a best practice for plastics waste management. These guidelines are primarily intended for the new EU Member States, who until

now have hardly developed a proper waste management infrastructure.

1. About PlasticsEurope

PlasticsEurope is the plastics manufacturers association created in 2004 merging European (APME) and national plastics industry bodies into one single networked organisation. The association has more than 60 member companies, producing over 90% of polymers in Europe. The plastics chain in Europe - including converters and machinery manufacturers - employs 1.5 million people. The combined turnover of our industry is approximately 160 billion euro per annum.

PlasticsEurope operates from six decentralised offices: one in Brussels, the capital of Europe and five regional centres located in Paris (France), Frankfurt (Germany), Milan (Italy), Madrid (Spain) and London (United Kingdom).

The aims of the new Association are to address the issues related to the production and use of plastic products, to improve the image of plastics and to provide all relevant information in order to shape the future legislative agenda. The ultimate vision is to make plastics the material of choice for the 21st century.

2. Plastics and Resource efficiency

Conventional plastics are long chain molecules (polymers), mainly derived from oil, which can be moulded into shapes or films. They still account for >99% of the total worldwide market, despite strong growth of plastics which

are based on feedstock derived from renewable raw materials. However conventional plastics are expected to remain predominant.

Plastics are everywhere in our daily life: whether it be for generating energy from renewable resources, enabling new technologies, use as lightweight materials in transportation, insulation in houses or as protective packaging – life without plastics would be difficult to envisage. Examples of packaging are the beverage bottle or the yoghurt cup. About 10% of the weight of a car comes from plastics, every five years the amount is increasing with 1 percent. It is hardly to image that the electric and electronic industry had to develop products without plastics: they are used as housing of TV's and personal computers, as well in mobile phones, even the interiors of these devices contain plastics like the printed circuit boards or the insulation of the wiring. In construction plastics can be used for window frames and pipes; even roofs of football stations are made from plastics. The most important use of plastics in construction is as insulation material.

Despite plastics use is only 4 percent of the oil and gas consumption in Europe. Adding the energy needed for plastics production to the 4% used for feedstock, means the plastics industry accounts for around 7% of total oil and gas consumption.

Energy has a major contribution to environmental impacts and to economy. Although plastics consume energy during their production phase, major savings can be achieved during its use phase, and at its end-of-life additional savings are possible via recycling or recovery. It is the

total life-cycle which make plastics so resource efficient. A study conducted in 2005 by the Austrian "Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH" (GUA) showed that if plastics would not exist, 1020 Million Giga Joules extra energy would be needed. This is an amount of energy equivalent to the primary fuel input of 10 nuclear power plants of 1,000 MW each, or equivalent to the heating and warm water supply of 40 million people, which is about half of Germany. Simultaneously 97 Million tonnes of CO₂ equivalents would have been saved, or about 30 percent of the Kyoto reduction target for the EU15 in the period 1990 – 2012.

3. Recovery options for plastics

The variety of plastic types with different balances of properties means an optimum balance of processing and end-use performance can be achieved. On the backside recycling becomes more complex, when product streams are inevitably mixed and contaminated.

To recover plastics four options are available: re-use, mechanical recycling, feedstock recycling and energy recovery. Taking into account the development of new biodegradable polymers, composting is a 5th option. Compared to other materials plastics offer much more flexibility in waste management. There may be several reasons to recover plastics: in some cases it is a business opportunity, in other cases it is because of the need to meet national recycling and recovery targets; another incentive can be to avoid littering, but the real reason is to save materials and energy and

consequently contribute to resource efficiency, decoupling and sustainable development. The least preferred option is landfill, this is like putting back oil into the ground. Additionally it is wasting materials and generates high Greenhouse gas emissions. The key step to make is to divert from landfill and extend recovery whether it is mechanical or material recycling, composting or energy recovery.

3.1. EU Legislation

The Waste Framework Directive (WFD) is the overarching Directive and provides the definitions and overall framework for waste management operations. The other legislation can be seen as measures dealing with waste generation, i.e. the End-of-Life Directives on Packaging Waste (P&PW), Vehicles (ELV) and Electric and Electronic Equipment (WEEE); waste by destination, i.e. the Landfill Directive (LF) and the Waste Incineration Directive (WID) and finally waste transportation, i.e. the Transboundary Shipment Regulation (TSR), which has integrated the UN/Basel Convention and the OECD Transboundary Shipment Decisions.

The LF, WID and the TSR are very important in ensuring environmental protection. The WID also covers co-incineration of waste in thermal installations and imposes strict emission limits.

The End-of-Life Directives try to reduce the generation of waste. The key features of these Directives are: Producer responsibility
This concept has been introduced in order

to internalize the costs of waste management into the price of a product. The producer, i.e. the entity that puts a product on the market, is responsible for the financing and organisation of the waste management of its products when in the End-of-life stage. The producer is also responsible for meeting the targets and transfer of information.

- Hierarchy

A five step hierarchy is used as intended to set priorities for waste management. The steps are: Prevention – Re-use – Recycling – Recovery – Disposal. This hierarchy is intended as a guideline and not mandatory. Deviations are allowed in case conditions allow this, mostly based on life-cycle assessments and cost/benefit analysis.

- Recycling targets; these tend to go upwards

- Material targets for packaging

In general material specific targets are conflicting with the producers' responsibility concept, although in the P&PW directive they have been successfully applied.

3.2. Mechanical and material recycling

Recycling is considered as the key route to resource efficiency. This might be the case for traditional materials like metals, glass and paper, where recycling often is a business case for access to low cost raw materials. Successful recycling requires markets which will reprocess the recyclate, usually as a minor component with virgin material.

For plastics mechanical recycling is the preferred option when the waste stream is

homogeneous and 'clean', when the recyclate can replace virgin close to a 1:1 basis and - most important - when markets exist. Too much focus on recycling may lead to a waste of energy; the energy needed to produce a virgin plastic is about 80 MJ/kg, recycling of industrial film requires 27 – 35 MJ/kg, while recycling of domestic retail film requires 109 – 147 MJ/kg.

The Dutch Consultancy firm TNO developed for PlasticsEurope a hierarchy for mechanical recycling:

Table 1

A different form of recycling is 'feedstock recycling'. This is a process leading to the conversion into a chemical intermediate mostly in a large scale industrial installation. Feedstock recycling is a form of material recycling which fits in the recycling box of the waste hierarchy. There are different chemical processes that are considered as feedstock recycling, the most important ones are:

- Blast furnaces and non-ferrous smelters

These are operations in which plastic waste is used as a carbon donor serving both the reduction of the metal ore replacing coke, and providing energy due to the exothermic reaction.

- Gasification to methanol

In this operation the plastic waste is thermally cracked into synthesis gas. Via a second catalytic step the syngas is converted into methanol, an industrial chemical. As alternative the syngas can be used for power and heat generation in a CHP plant.

Big advantages of feedstock recycling are that the operations are suitable for mixed and laminated plastics and they allow a certain level of contamination. Although the opportunities for non-ferrous smelters seem to be limited to E&E waste, in theory the capacity of the other options is enormous. The reality shows that until now only a few feedstock recycling plants are in operation. This is mainly caused by the poor economics; feedstock recycling is considered a niche solution.

Mechanical and material recycling are important routes to save material and resource efficiency, unfortunately they are unable to recover all the plastics waste. Besides one could question if these recovery options are in terms of environmental benefits superior to other recovery routes; this raises the following question: what is better for the environment, a car like a Leopard tank with high recyclability or a Smart with low recyclability?

3.3. Eco-efficiency

Eco-efficiency is a tool that allows us to compare the environmental benefits and the economic impact of different options or scenario's. The different environmental impact categories are aggregated into one indicator, which allows an easy 2 dimensional comparison of environment and economy of selected scenarios. The most eco-efficient option is the one with lowest environmental impact and lowest costs at the same time.

In 2001 the Dutch consulting firm TNO compared for packaging waste the eco-efficiency of landfill versus increasing

recycling levels combined with energy recovery from Municipal Solid Waste Incinerators (MSWI). Six scenarios were investigated:

1. 100% landfill
2. Current situation:
3. 70% landfill, 12% mechanical recycling, 2% feedstock recycling and 15% energy recovery by MSWI
4. 15% recycling/85%energy recovery by MSWI
5. 25%/75%
6. 35%/65%
7. 50%/50%

The single most important factor to improve the environmental performance is achieved by diverting from landfill. The maximum environmental gain is already achieved at 15% mechanical recycling. Increasing mechanical recycling from 15% --> 50% has no significant environmental benefit, but will increase costs by factor 3.

In a different study conducted by the Austrian consulting firm GUA (Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH) for Corepla in 2002 showed that achieving higher recycling rates for plastics packaging with corresponding lower recycling rates for other materials with the aim to keep the environmental benefits unchanged, would also be expensive, and cost additionally € 3,200 million/year.

The German consulting firm Öko-Institut investigated in 2003 the recovery options for plastic parts from End-of-Life vehicles. For the dismantling of used cars one has two fundamental options: 1/ dismantling of parts, 2/ recovery of the metals and shredding of all non-metals. A bumper, an air intake manifold, a wash-liquid tank, an air duct,

a seat-cushion, a headlamp-lens and a mirror housing were assessed. As recovery options landfill, MSWI, co-combustion in cement production, blast furnace, syngas production and mechanical recycling were considered. Only in case of the bumper mechanical recycling was the preferred option. However in case the substitution factor would decrease to 0.95 then even mechanical recycling is no longer significant better than the other recovery options.

The eco-efficiency studies show that mechanical recycling is important, however not the solution to the highest gain in environmental benefits at the lowest costs. The contribution of mechanical recycling is limited to 'clean' and homogeneous streams and will contribute to about 15 – 25 percent of the recovery quota, the other recovery options are needed to achieve high recovery quota and to make diversion from landfill a success.

3.4. Energy recovery

With respect to recovering energy from plastics, their heating values are very attractive. They are as high as the heating value of oil, higher than the heating value of coal and much higher than the heating value of biomass. The big advantage of using plastic waste as a substitute for fuels is that it saves primary fuels and greenhouse gas emissions and contributes to the security of supply. In some countries energy from waste is considered equivalent to forms of renewable energy.

There are different routes to recover the

energy from waste:

Municipal solid waste incineration

This is the most robust technology for the recovery of municipal waste. The energy efficiency is relative low, but this is caused by technological and thermodynamic constraints. The total capacity in Europe is about 50 million tonnes, which allows a capacity for plastics of about 5 million tonnes. The growth rate is too low to absorb all calorie-rich waste that is now sent to landfills.

Co-combustion of Solid Recovered Fuel (SRF)

Until now the most important user of SRF is the cement industry. Other industries that can also use these SRF's are coal fired power plants, solid fuel boiler in the pulp and paper industry. In theory SRF has a high potential.

As a rule of thumb one can say that the technology for SRF is proven, however the market needs to be developed.

With the European Commission promoting energy efficiency in its Green Paper "Doing more with less" published in June 2005, it is expected that the SRF route will gain increasing acceptance, especially now the standards developed by the European Standardization body CEN/Technical Committee 343. These standards define the specification of four different types of SRF.

In general landfill is the cheapest waste management operation. Mechanical recycling can be economical for clean and homogeneous streams, however for complex, mixed plastic waste streams this route is the most expensive one. Energy recovery, whether it be MSWI or co-combustion using SRF, is more

expensive than landfill, however much cheaper than the recycling of complex, mixed plastic waste. With at the same time a relative good environmental performance, this shows the high potential of energy recovery. Due to the fact that waste management always follows the cheapest solution, supporting legislation like the landfill ban in Germany, as well in Austria and The Netherlands is needed and when in place it is likely to boost energy recovery via the SRF route.

At a later stage gasification technologies – together with biomass – as clean fuel input to conventional power stations, will also gain importance.

4. Promoting recovery/best practices

Before coming to some general recommendations for good practices in plastic waste management, it is important to understand the origin of the waste streams. The largest amount of plastic waste comes from households with 66 percent, followed by the distribution sector with 20 percent. The reason is that packaging dominates in these sectors. Complex products like automotive and E&E account for only 9 percent, while building & construction generate about 3 percent. Finally agriculture films are responsible for 2 percent of the plastic waste.

About 15 years of practice in plastics waste management in Europe has learnt that the most efficient way to promote recovery is by making landfill expensive. The landfill levy can be used to stimulate developments in waste recovery. At the same time diverting from landfill gives

the highest environmental gain.

The key guidelines to follow are:

Learn from others regions' experience, but take account of the own local conditions and infrastructure.

Engage with all relevant stakeholders.

Aim for an integrated system of recovery options: mechanical and feedstock recycling, composting, incineration and co-combustion.

Create a region sufficiently large to combine treatment and sorting centers with an appropriately sized Municipal Solid Waste plant.

Employ combined heat and power (CHP) wherever possible

Actively promote the use of Solid Recovered Fuel (SRF) enhancing security of supply, combine with energy from biomass wherever possible.

Focus mechanical recycling on plastics packaging films and on beverage bottles from household waste.

The driving force for the recovery of complex products from cars and E&E is the recovery of metals, shredder operators determine if plastic parts are taken out before shredding.

Shredder light fraction can be best used for as Solid Recovered Fuel.

Plan on the basis of proven technology.

Plan that the amount of waste will increase.

Engage with all relevant stakeholders.

The strong European Union legislative focus on mechanical recycling targets should be adapted where necessary to be consistent with the efficient use of resources and energy across all phases of the life-cycle. Increasing diversion from landfill for recovery will contribute to savings of energy resources in addition to

the savings made in the use phase of plastic products.

5. Sources of information

Independent peer reviewed studies and other technical documents related to the environmental impacts of plastics can be retrieved from the website of PlasticsEurope: www.plasticseurope.org, as well from the German technology development firm Tecpol: www.tecpol.de

Other useful sources can be found on the websites of:

The European Plastics Converters, www.eupc.org

The European Plastics Recyclers, www.eupr.org

The Association for the Sustainable use and Recovery of Resources, www.assurre.org

The Association of Cities & Regions for Recycling, www.acrr.org

Handbook for municipal waste prognosis and sustainability assessment of waste management systems, www.lca-iwm.net

Table 1 hierarchy for mechanical recycling

Profitable / positive eco-profile	Crates Commercial and distribution films
Some support needed from a party / neutral or (slightly) positive eco-profile	PET bottles PVC window profiles PVC pipes Automotive bumpers EPS packaging Agricultural films
Significant support through “green dot” or whatever system / negative to neutral eco-profile	HDPE bottles PS coffee cups Mixed plastics Automotive shredder residue

欧州における廃棄プラスチック・リサイクルの現状と未来

アフコ シャンセマ

欧州プラスチック協会 理事, ドイツ

はじめに

欧州のプラスチック製造業者は、19世紀初頭より廃棄プラスチックマネージメントに積極的に携っている。当初はPWMI(the Plastics Waste Management Institute:プラスチック処理促進協会)として始まり、後にAPME(the Association of Plastics Manufacturers in Europe:ヨーロッパプラスチック生産者協会)となり、そしてこの2年は欧州ネットワーク組織Plastics Europe(プラスチックヨーロッパ)として組織されている。数々の研究や報告書を通して収集された知識は莫大な量である。そのため、責任ある機関としてPlastics Europeは、この知識をできる限り多く共有していきたいと考えている。

プラスチックは我々の日常生活のあらゆるところに存在する。たとえば、軽量の材質であるため、輸送する際の梱包物保護材や、家屋の断熱材として使用されている。プラスチックがない生活は考えにくいであろう。にもかかわらず、欧州でのプラスチックの使用割合は、石油やガスの消費の4%に過ぎない。プラスチックは、その生産段階でエネルギーを消費するが、使用段階ではかなり節約することができる。ある研究では、もしプラスチックが存在しない場合と比較して、その影響を数値化している。

プラスチックは、さまざまなバランスの取れた特質を備えているため、その種類は多用である。よって最適な均衡を保って生産することができ、様々な用途に用いることができる。その反面、リサイクルはより複雑になる。それは、製品に混合物や不純物が含まれ

るのが避けられないからである。これが、廃棄プラスチックが利用可能な全てのリサイクル手法(再使用、材料リサイクル、原料リサイクル、エネルギーリサイクルなど)を必要とする理由である。最も望ましくない選択は埋立である。廃棄プラスチックを埋立地に処分することは、地面に石油をまくようなものである。

リサイクルは、資源効率化への重要な方法として考えられている。しかし、多くの素材と同様に、プラスチックのリサイクルには限界がある。その主な理由は、利用できるほど純度の高いものや、均一な質の廃棄物を得ることに限界があるからである。環境効率の研究では、約15~20%の材料リサイクルによって最大の環境保護効果が得られることが確かめられた。石油に匹敵する発熱量を持つ廃棄プラスチックは、製品寿命を過ぎた後にエネルギーリサイクルできるものとして大変魅力的である。この選択肢は環境への負荷も比較的小さく、汚染され複合化した廃棄物の大半を再利用できる可能性を持っているが、再生固形燃料の市場の開発が必要とされている。埋立処分料金の値上げをすることは、市場の開発の第一歩を踏み出す行為と言えるだろう。

ここ15年の間に収集された事実や研究に基づいて一連のガイドラインを作成することで、適切な廃棄プラスチックの管理を進めることができる。これらのガイドラインは、適切な廃棄物管理の基盤をこれまでほとんど開発してこなかった新たなEU加盟国に提供することを意図している

1 Plastics Europe 協会について

Plastics Europe は、2004 年に創設されたプラスチック製造会社組合である。APME とドイツ国内のプラスチック産業法人が、1 つのネットワーク化された組織として合併し創設された。60 社以上の企業が Plastics Europe 協会に加入しており、これらの企業が欧州において 90% 以上のポリマーを生産している。この欧州におけるプラスチックチェーンは、織物加工業者や機械製造業者を含めると、1500 万人を雇用している。我々の産業の合計売上高は、年間約 1600 億ユーロである。

Plastics Europe 協会は 6 箇所に分散している事務所を拠点に活動している。欧州の中心地であるブリュッセルをはじめとして、他 5 箇所の地域の中心地、パリ(フランス)、フランクフルト(ドイツ)、ミラノ(イタリア)、マドリード(スペイン)、ロンドン(イギリス)にある。

協会の目的は、プラスチック製品の生産や使用に関する問題に取り組むこと、プラスチックの印象を改善すること、将来の法的協議事項を方向付けるために適切な関連情報を提供することにある。最終的にめざすビジョンはプラスチックを、21 世紀の最適な素材にすることである。

2 プラスチックと資源効率

従来のプラスチックは分子が長く連鎖したものの(ポリマー)である。それは主に石油が原料で、成形物やフィルムとして作られている。これらのプラスチックは全世界の市場の 99% 以上を占めている。それとは別に再生素材を原料としたプラスチックが急成長しているが、従来のプラスチックが引き続き優勢であると予測されている。

プラスチックは我々の日常生活のあらゆるところに存在する。例えばそれは再生可

能資源からエネルギーを生じさせたり、新技術を可能にさせたり、輸送の際の軽量材料として使用されたり、家屋の断熱材として、あるいは梱包保護材として使用されている。今やプラスチックのない生活は考えられないであろう。梱包材の例として、飲み物の容器や、ヨーグルトのカップなどが挙げられる。車 1 台の重量の約 10% がプラスチックであり、5 年ごとにその量は 1% ずつ増加している。電機産業や電子産業がプラスチックを使用せずに成果をあげることは不可能である。プラスチックは住宅にあるテレビやパソコン、携帯電話等に使用されており、これらの電化製品の内部にも、プリント基盤や電気配線の絶縁体のようにプラスチックが含まれている。建築業界では、プラスチックは窓枠や配管として使用されている。また、サッカー競技場の屋根にもプラスチック材料によって作られている。建築業界において最も重要なプラスチックの用途は、断熱材の材料となっていることである。

欧州におけるプラスチックの使用割合は、石油やガスの消費量のわずか 4% に過ぎない。しかし、この 4% に、原料として使われるプラスチックを生産するのに必要とされるエネルギーを加えると、プラスチック産業は、石油やガスの消費量の約 7% を占めることになる。

エネルギーは環境効率や経済に大きな貢献をしている。プラスチックは、その生産段階でエネルギーを消費するがど、使用段階ではかなり節約することができる。プラスチックの耐用年数が来る頃には、再利用やリサイクルを通してさらに節約することができる。この過程が、プラスチックの全製品寿命において、効率よく資源として活用することができる。オーストリアの企業 Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH (GUA) が 2005 年に行った研究では、プラスチックが存在しなかったら、プラスチックに替わるエネルギーが 10 億 2000 万 GJ も必要となるであろうと発表した。これは、ドイ

ツで使用されるエネルギーのおよそ半分にあたる、1000MWの原子炉を備えた10ヶ所の原子力発電所が投入する主要核燃料量に等しいエネルギー量、あるいは、4000万人分の暖房や温水を供給するためのエネルギー量に匹敵する。同時に、EUの15カ国が1990年から2012年の期間で、京都議定書で目標としている二酸化炭素削減量の、約30%に相当する9700万トンの二酸化炭素を節約することになる。

3 プラスチック・リサイクル方法の選択

プラスチックは、様々な性質を備えているため、その種類は多様である。そのため最適なバランスを保ち生産し、様々な用途に用いることができる。その反面、リサイクルはより複雑になってくる。特に製品には混合物や不純物が含まれていることが避けられないからである。

プラスチックを再生するには4つの選択肢がある。再使用、材料リサイクル、原料リサイクル、そしてエネルギーリサイクルである。生分解性高分子の進歩を考慮すると、堆肥化は5番目の選択となる。他の材料と比較すると、プラスチックには廃棄物マネジメントにおいてかなり大きな柔軟性がある。プラスチックをリサイクルするには、次のような理由が考えられる。例えば、プラスチック・リサイクルがビジネスチャンスになりうる場合もあれば、国家の掲げている再利用、リサイクルの目標を達成するために必要な場合もある。また、別の理由としては、ゴミとして捨てることを避けることができるというものもある。しかし、本来の理由は、資源やエネルギーを節約し、その結果、資源効率的な環境維持開発に貢献することにある。最も好ましくない選択は、埋立である。これは地面に石油を撒くようなものである。さらに、埋立は資源を無駄にし、大量に温室効果ガスを放出させてしまうことになる。なされるべき重要なステップは、プラスチックを処理する手

段を埋立から転換し、材料リサイクル、材料リサイクル、あるいは堆肥化、エネルギーリサイクルなどといった再生・再利用を広めることである。

3.1 EUでの立法

「廃棄物枠組み指令-The Waste Framework Directive (WFD)」は、包括的な指令であり、廃棄物マネジメント操作の全体の枠組みと定義を規定している。他にも様々な法案がある。例えば、廃棄物発生に対応している法案では、「包装廃棄物指令-The End-of-Life Directives on Packaging Waste (P&PW)」、「廃自動車指令-End-of-Life Vehicles Directive (LEV)」、「廃家電指令-Electric and Electronic Equipment (WEEE)」がある。また、供給先別廃棄物に対応している法案では、「埋立地指令-Landfill Directive (LF)」や、「廃棄物の焼却炉指令-the Waste Incineration Directive (WID)」がある。最後に、廃棄物運搬に対応している法案では、「廃棄物輸送法-the Transboundary Shipment Regulation (TSR)」がある。これはUNバーゼル条約とOECD Transboundary Shipment Decisionsを統合したものである。

埋立地指令や廃棄物の焼却炉指令、廃棄物輸送法は、環境保護を確保するのに大変重要である。廃棄物の焼却炉指令は、熱装置での廃棄物の混合焼却にも触れ、排出限度を厳しく課している。

廃棄物指令は、廃棄物の発生を減少させようと試みているものである。これらの指令の重要な特徴は以下のようなものである。

- 生産業者の責任

この概念は廃棄物マネジメントにかかる費用を製品の価格に含めるために導入されている。生産業者、つまり市場に製品

を供給する業者は、その製品の使用済み段階での廃棄物マネジメントの財務責任がある。生産者はまた、目標を達成し、情報を提供する責任もある。

・ヒエラルキー

廃棄物マネジメントの優先事項を設定することを目的として、5段階のヒエラルキーが使用されている。その5段階とは、防止(Prevention)・再使用(Re-use)・再利用(Recycling)・再生利用(Recovery)・処分(Disposal)である。このヒエラルキーの意図は、指針であって強制ではない。ライフサイクルアセスメントや費用便益分析に基づいている状況下では、この5段階のヒエラルキーの理論から離れることも認められている。

・再利用の目標

これらは目標達成に向け、よい方向に行っている。

・容器包装の素材用途

一般的な素材での特定の用途は生産者責任の概念と合わない。しかし、P&PW指令においては、うまく適合している。

3.2 材料リサイクルと原料リサイクル

リサイクルは資源効率化にとって重要な手段として考えられている。これは金属や、ガラス、紙のような昔からある材料の場合かもしれない。このようなリサイクルは、原料を低価格に抑えられるため、ビジネス上よく行われる。リサイクルを成功させるには、たいてい未使用素材の微量成分単位で再生物が含まれるように加工する市場が必要である。

プラスチックにとって材料リサイクルは、以下の条件を満たしているとき最も好まれる選択である。「廃棄物が均一な質で純度が高い」、「再生物混入比が1:1の割合で未使

用原料素材と置き換えることができる」、そして最も重要な条件、「市場が存在する」ときである。再利用に対して焦点を当てすぎると、無駄なエネルギーを排出させてしまうことになりかねない。未使用プラスチックを生産するのに必要とされるエネルギーは約80MJ/kgである。産業用フィルムを再利用するには、27~35MJ/kg必要とされる。一方で、家庭用の小売のフィルムを再利用するには109~147MJ/kg必要とされる。

オランダのコンサルタント会社TNOは、Plastics Europeのために、材料リサイクルのヒエラルキーを作成した。(表1.)

別のリサイクルの形には、原料リサイクルがある。これは、主に大規模な産業施設で化学中間原料へ変換させる処理のことである。原料リサイクルは、素材の再利用という形態であり、それは廃棄物ヒエラルキーの中では再利用にあてはまる。ほかにも、原料リサイクルとして考えられる化学的処理がある。うち、もっとも重要なものを挙げる。

・高炉や非鉄溶鉱炉

これらの工程では、廃棄プラスチックを炭素源として使用し、コークスの代替と金属鉱石の減少を実現する。また、発熱反応が生じることを利用しエネルギーを供給している。

・メタノールへのガス化

この工程では、廃棄プラスチックを熱で分解し、合成ガスの状態にする。次の触媒段階では、その合成ガスを化学原料であるメタノールに変える。この合成ガスを、熱併給発電プラントで電力、熱源として使用することができる。

原料リサイクルの大きな利点は、混合物が入っているプラスチックや、ラミネートされたプラスチックに適しているという点である。

つまり、ある程度混合していてもリサイクル可能ということである。非鉄溶鉱炉を使用する機会は、電気・電子製品廃棄物に限られているように思われるが、実際には、ほかの廃棄物を受け入れる可能性も広がっている。実際は、現状では、ごくわずかな原料リサイクル工場しか存在していない。これは、主に経営状態が良くないことが原因だ。だから原料リサイクルは、ニッチ(すきま分野)の解決法として考えられている。

材料リサイクルは資源効率化や原料を節約する重要な手段であるが、残念なことにこれらは、すべての廃棄プラスチックをリサイクルすることはできない。さらに、環境便益の観点から見ると、これらの再生手法が他のリサイクル手段より優れているかどうかという疑問さえ出てくる。つまり、これは次のような疑問につながる。何が環境にとって良いのだろうか？という疑問である。

例えば、高いリサイクル性を備えた鉄で作られた巨大な戦車と、リサイクル性の低い複合プラスチックで作られた小さな自動車では、果たしてどちらの方が環境にとって良いのだろうか？

3.3 環境効率

環境効率とは、我々が様々な手段やシナリオの環境利益と経済影響を比較するための手段である。様々な環境影響のカテゴリーがひとつの指標に統合されるものであり、その指標を用いることで、選択したシナリオを環境面と経済面の二次元で簡単に比較することができる。最も環境効率の良い選択は、環境的影響が最も小さく、同時に、最低のコストで収まるものである。2001年にオランダのコンサルティング会社 TNO は、梱包廃棄物を対象とした環境効率を、埋立した場合と、ごみ焼却(MSWI)からのエネルギーリサイクル対リサイクルの比率を変化させた場合とで、6つのシナリオを想定して比較を行った。以下にそのシナリオを挙

げる。

1. 100%埋立
2. (現状)70%埋立、12%材料リサイクル、2%原料リサイクル、15%ごみ焼却によるエネルギーリサイクル
3. 15%再利用、85%ごみ焼却によるエネルギーリサイクル
4. 25%/75%
5. 35%/65%
6. 50%/50%

環境パフォーマンスを向上させるのに最も重要なことは、埋立を行わないことである。最大の環境的利益は、材料リサイクルを15%行うことで達成されていることがわかった。15% から50%まで材料リサイクルを増加させると、明確な環境的利益はなくなるが、3番目のシナリオよりコストは増えることになる。

オーストリアのコンサルティング会社 GUA (Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH)が行った別の研究が、2002年のCOREPLAにて発表された。プラスチック包装材のリサイクル率を上げることで、環境利益を変化させずに他の包装材のリサイクル率を下げるができるが、それには、年間32億ユーロの費用がかかる。

ドイツのコンサルティング会社 Öko-Institut は2003年に、廃車から利用できるプラスチック部分のリサイクルの対象となるものを調査した。中古車の解体では、2つの基本的な選択がある。ひとつは、部品の解体で、もうひとつは金属部分の再生と、非金属部分の破砕である。バンパーや、エアーク・インターク・マニホールド、洗浄液剤タンク、エアダクト、座席のクッション、ヘッドランプのレンズ、鏡の枠についての調査が行われた。リサイクルの手段としては、埋立、ごみ焼却発電、セメント製造での混焼、高炉、合成ガス生産、材料リサイクルが検討された。その結果、ただひとつ、バンパ

一の材料リサイクルの場合だけが好ましい選択であった。しかし、代替係数が 0.95 まで減少した場合、材料リサイクルでさえ、ほかのリサイクル手段より明らかに良いとは言えないのである。

環境効率の研究が示すのは、材料リサイクルは重要であるが、環境的利益において最低コストでより効率良くできる解決策ではないということである。材料リサイクルの寄与は、純度と同種の廃棄物に制限されるし、リサイクル割合の約 15~25%でしかない。リサイクル割合が高く、埋立をうまく回避することができる、他のリサイクル手段が必要である。

3.4 エネルギーリサイクル

プラスチックからのエネルギー回収に関しては、その発熱量は大変魅力的である。それは、石油の発熱量と同じくらいで、石炭の発熱量より高く、バイオマスの発熱量よりかなり高い。燃料の代替として廃棄プラスチックを使用する最大の利点は、主要燃料や温室効果ガスの放出を低減し、供給の安全に貢献するということだ。なかには、廃棄物のエネルギーを、再生可能なエネルギーの形態と匹敵するものとして考えている国もある。

廃棄物からエネルギーをリサイクルするにはさまざまなルートがある。

・ごみ焼却

これは、都市ごみのエネルギーリサイクルにとって健全な技術である。しかしそのエネルギー効率はかなり低い。これは技術的、熱力学的制限によるものである。欧州での全処理可能量は約 500 万トンであり、うちプラスチックの処理可能量は約 50 万トンである。この割合は高カロリー廃棄物を負担するのにはあまりにも低く、現在では、埋立地へ送られている。

・固形再生燃料 (SRF) の混焼

現在まで SRF を利用している最も重要な産業は、セメント産業である。これらの SRF を使用できる産業は、ほかにも石炭火力発電所、パルプの固形燃料ボイラー、製紙業がある。理論上 SRF は大きな可能性がある。大まかに言えば SRF の技術は実証されている。しかし、その市場を発展させる必要がある。

欧州委員会は、2005 年に創刊された Green Paper “Doing more with less” の中で、エネルギーリサイクルの効率化を推進しており、SRF は、より一層受け入れられるだろうと予測している。特に、現在、欧州標準化団体である CEN の専門委員会 343 が開発している基準が認められるだろう。これらの基準は SRF の 4 つの異なるタイプの規格を明確にしている。

一般的に、埋立は最も低価格な廃棄物マネジメント操作である。材料リサイクルは、純度が高く均一な質のものであれば経済的に行うことができる。しかし、複合したものや、混合物の入った廃棄プラスチックには、このプロセスは最も費用のかかるものになってしまう。エネルギーリサイクルは、それが MSWI、あるいは SRF を使用している混焼であっても、埋立より費用がかかる。しかし、複雑で混合物の入った廃棄プラスチックの材料リサイクルよりは、かなり低コストになる。同時に、かなりよい環境パフォーマンスを備えており、エネルギーリサイクルの効率が高くなる可能性がある。廃棄物マネジメントは、常に低コストの解決策を用いるという現実があるため、ドイツをはじめ、オーストリア、オランダのように、埋立禁止というような法規制を支援することが必要とされている。そうすれば SRF を通したエネルギーリサイクルが促進されるだろう。

その後の段階では、バイオマスを使用するガス化の技術もまた、従来の発電所に投入される純度の高い燃料として、重要にな

ってくるだろう。

4 リサイクルの推進と最良の事例

廃棄プラスチックマネジメントの良好な事例について一般的な推薦をいくつか提案する前に、廃棄物の流れの根源となるものを理解することが大切である。最も大量に出される廃棄プラスチックは、家庭から出されるもので66%を占める。続いて流通部門の20%である。これらの部門では、容器包装が大半を占めている。自動車や電気・電子製品のような複雑な製品は、たった9%を占めるに過ぎない。また、一方で建造物・建築材は約3%を占める。最後に、農業用フィルムは廃棄プラスチックの2%である。

約15年間、私が欧州における廃棄プラスチックマネジメントの実践を通して学んだことは、リサイクルを促進するのに最も効果的な方法は、埋立の費用を高くすることである。埋立の費用を徴収することによって、廃棄物リサイクルの発展を促進させることができる。それと同時に、埋立を避けることで、高い環境利益をもたらすことに繋がるのである。

以下にリサイクルを推進するための重要な指針を挙げる。

- 他の地域の経験から学ぶこと、ただし、地元地域の状況やインフラを考慮すること。
- 全ての関係者と協働すること。
- 材料リサイクル・原料リサイクル、堆肥化、焼却・混焼といったリサイクル法が選択できる総合的なシステムを目標とすること。
- 適切な大きさの都市ごみ処理施設と選別・処理施設を組み合わせるのに十分な大きさの場所を確保すること。
- 可能な限り、熱電気複合利用(CHP)を採用すること。
- 固形再生燃料(SRF)の使用を積極的に促進させ、可能な限りバイオマスからのエネルギーと併用すること。

- 家庭から出る廃棄物の中でも、プラスチック包装フィルムや飲み物の容器の材料リサイクルに焦点を絞ること。
- 自動車や電気・電子製品から出る複雑な製品を再生するための推進力は、金属のリサイクルである。破碎される前に破碎機のオペレーターが、プラスチック部品を分別するかどうか判断すること。
- 軽量のシュレッター残渣は良好な固形再生燃料として使用することができる。
- 実績ある技術に基づいて計画すること。
- 廃棄物量が将来増加することを考慮すること。

材料リサイクルに強い焦点をあてているEUにおける立法では、ライフサイクルの全段階を通して、資源やエネルギーの効率的な使用と調和する必要性がある。プラスチック製品を使用する時に節約を考えることに加え、リサイクルによって埋立が避けられることが増えれば、エネルギー資源の節約に貢献することができるだろう。

5. 情報源

独立した同分野の専門家たちが評価した、プラスチックの環境的影響に関する研究や専門文書をプラスチックヨーロッパのウェブサイト www.plasticseurope.org や、ドイツの技術開発会社 Tecpol のウェブサイト www.tecpol.de から検索することができる。

他にも役立つ情報を以下のウェブサイトから探すことができるだろう。

- The European Plastics Converters, www.eupc.org
- The European Plastics Recyclers, www.eupr.org
- The Association for the Sustainable use and Recovery of Resources, www.assurre.org

The Association of Cities & Regions
for Recycling,
www.acrr.org

都市ごみの予測と廃棄物管理システムの
持続性評価の手引書,
www.lca-iwm.net

Aafko Schanssema: Best Practices for the recovery of plastic waste in Europe
-Facts, experience, recommendations and guidelines by Plastics Europe, 2006
Avenue E. Van Nieuvenhuysse, 4/3, 1160, Brussels, Belgium

著者: アフコ シャンセマ (プラスチックヨーロッパ協会, ドイツ)

翻訳: 森 智和・齊藤 奈々子・高宮 麻理亜, 〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉
田字剣丸尾 5597-1 山梨県環境科学研究所 環境資源学研究室

表1. 材料リサイクルの階層

利益がある / 環境に良い	木箱、枠箱 商業的流通フィルム
ある程度援助が必要とされる / 中間あるいは(やや)環境に良い	ペットボトル PVC 窓枠 PVC パイプ 自動車のバンパー EPS 梱包 農業用フィルム
“グリーンドット制度”などを通じて、 かなりの援助が必要とされる / 中間あるいは環境に良くない	HDPE ボトル PS コーヒーカップ 混合物を含むプラスチック 自動車のシュレッターダスト

Textile waste – recycling processes and possibilities of recycling

Renate Lützkendorf

**Theuringisches Inst. Textil-und Kunststoff-Forschung, Rudolstadt,
Germany**

1: Introduction

Dear Prof. Okuwaki,
dear scientists,
dear participants of this conference!

First of all I would like to say, that it is a pleasure for me to give a lecture on your conference and it is an honour for us to present our research results in Japan.

I have prepared a presentation for you what contains some information about the textile recycling in Germany and I will offer you new possibilities for the application of recycling fibers.

On the beginning I would like to introduce you our team: scientists from TITK, Uni Kassl and Timtex.

2: TITK

TITK is an abbreviation for Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung. It is based in Rudolstadt near Weimar. It was founded in 1954 as a textile institute. Today 110 employees work in TITK and in a subsidiary for material testing work 20 people. Our main customers are from small- and medium-sized enterprises. TITK is divided into four departments:

The first department is Chemical Research for forming and modification of cellulose to fibers, filaments and films.

The group of scientists in our Plastics Research develops fibers for textile and technical application and fiber reinforced plastics.

The third department is Plastics Research for flame retardant thermoplastic compounds and nanocomposites.

In our department, Functional Polymer Systems and Physical Research, we have two main fields: modification and characterization of synthetic polymers, and polymer based microelectronics.

In addition, Materials Testing OMPG is our subsidiary.

3: TITK The department “Textile- and Materials Research”

Now some details from our department:

I have said that “fiber reinforced composites” is a main field. We work with fiber-reinforced composites such as glass, carbon and aramid fibers. Our developing results belong to technology for manufacturing of long fiber granulate and optimisation of fiber composites for several application. Another important field for our customers and us is fibers for textile and industrial applications. It is necessary to test the suitability of fibers for processes, products and modification of the properties. An interested field is also textile processing and textile

composites. In that case it means aramid and carbon fibers are recycled and reutilised.

4: Kassel

Our partner institute from the University of Kassel is Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff und Recyclingtechnik. The institute is well known for the research on following fields:

- Interface effects, especially the identification
- Modelling of the properties

This is connected with two fields; Natural and Wood fiber.

Microcellular foam is another topic. Important here is the optimization of material properties and the survey of surface quality.

Polymer Recycling Projects contain of Odour measurement and quality management.

Then what are important for all the development projects are testing dynamic material behaviour, long-term and impact behaviour, and medium influences.

5: Timtex

Timtex is an engineering company for textile recycling machines. You can get some leaflets after the lecture.

6: Agenda

I have prepared an agenda with five points:

- Textile waste in Germany
- Actual utilization
- Problems of the use of recycling fibers

New solution approaches
Summary

7: Textile Industry in Germany

At first some figures from the textile market in Germany. In 2004 the total consumption of fibers amounted 800,000t. They are from 676,000t man-made fibers. This is 85%. The rest are cotton and wool.

In the whole textile chain results in 10% waste. That is 80,000t production waste. (Table 1)

8: PET Bottle Recycling

Man-made fibers belong to also PET-fibers from Bottle Recycling. The collection of PET-Bottles shows increasing amounts – in Europ and also in Germany. In the next graph you see that the most bottle recycling material is used for fiber production – nearly 70 or 60 % - almost 500,000t in Europe. (Fig.1, Fig.2)

9: Sources of Textile Waste/ Production Waste

Now I come to the possibilities of recovering textile waste.

I remind you that there is 80,000 t textile waste per year in Germany.

10: Production Waste

However a lot of textile waste, such as non-woven edge strips or cotton comber waste, is imported from abroad.

The possibilities of commercialisation are:

- Direct sales
- Preparation for the industry
- New products

- Energetic use

11: Sources of Textile Waste/ Post Consumer Textiles

Post consumer textiles from clothing, home and house hold or technical textiles were assorted and recycled. Otherwise they were delivered directly to the users. Furthermore textiles from cars, furnishing and E-devices were included. Therefore we have got 38,670 t recycling fibers in the year.

12: Post Consumer Textiles

The total amount of post consumer textiles is 866,000 t in the year: it is national production and imports.

33% is garbage and 67% were collected and listed.

22% were exported to Eastern Europe and 45% were assorted into:

- Wearable clothing
- Cleaning cloths
- Recovered fibers
- Paper and cardboard
- Garbage

13: Features of Textile Waste

What are the features of the two kinds of textile waste?

Production waste has got many advantages like;

- Cleanness
- Known composition
- Unused fibers
- Defined and planable quantities
- Defined making-up

However there is only one big

disadvantage that is “Decreasing quantities”.

Although post consumer textiles show increasing amounts, there are many problems:

- Frequent fiber blends
- Material combinations
- Property losses by ageing
- Impurities
- Non-textile components (coatings, leather, metals, plastics)
- Different colors

14: Reutilization Pathes

This is a short picture, which shows the reutilization lines:

At first textile waste from the industry and the consumer is collected into the recycling companies. Then it is sorted into category of the following:

- Type of fiber or blend
- Product group
(jeans, shirts, suits, trousers)
- Wear level
- Color

After that you have these three lines:

- Secondary use
- Recycling
- Energy generation

15: Recycling

Our topic today is only “recycling”. There are two possibilities in recycling:

- Recycling as a material
- Recycling as a raw material

Recycling as a raw material means Chemical recycling in order to obtain raw materials for new synthesis. It is not the item of this lecture.

There are two types in recycling as a material: mechanical recycling and thermal recycling.

Through the thermal recycling, polyamide, polyether sulfone, and polypropylene can be regranulated. Then thermal binder fibers or thermoplastmatrix in composites can be produced.

Through the mechanical recycling, industrial cleaning clothes or fibers are available for new textiles or moldings after cutting or tearing them. Furthermore, the way of shredding can produce fillers, including insulation and moldings.

16: Tearing of Fabrics

A lot of different equipment for the tearing of fabrics is available worldwide. The producing technology of recovered fibers contains of preparation, tearing, and disintegration residues. The technology is not unproblematic. For example there are such problems as you need complex machinery and high amount of energy, fiber lengths are not enough, and it is inapplicable for carbon-waste.

17: Web Shredding for High Strength Fabrics

About two years ago TITK and Uni Kassel concluded a research project for developing a new recycling technology, especially for high-strength fabrics from aramid.

As a result there are three technological

steps:

- Cutting
- Unravelling of the fabric weave with a modified mill
- Disintegration with conventional openers

New technology is showed in the use of a mill. What you get are high quality recycling fibers with a high use value. This technology can be used with good results, for example, not only for aramid, but also for carbon fibers

18: Advantages of the Web-Shredding

There is a benchmark between “Web-shredding” (it is the name of the new technology) and Tearing. We compared “Web-shredding” with “Tearing” from the two aspects of the fiber quality (impurities, residual fabrics, knopping, fiber damage, and fiber length) and the type of waste (conventional fabrics, carbon, and high-strength fabrics such as ballistics, belts, and airbags).

(Table 2)

19: Properties of the Recycling Fibers

The next important point is fiber properties. There are two examples: p-Aramid and Carbon. After the milling process you get the following result: (Table 3)

What is mainly cost-shared is the waste cost – not the costs for recycling!

20: Producers of the machinery

The equipment for such a recycling process is available. The company Pallmann in Zweibrücken provides modified mills and Timtex offers the

whole facility for a recycling line – including a modified mill.

21: Pull Drill Process of the Fiber Granules

Fiber recycling is one thing – another thing is always, what can I do with such a fiber. High strength recycling fibers like aramide and carbon are very interesting for the plastic industry, if the properties and the price are acceptable. Another question is the kind of preparation for the plastic industry.

TITK has developed a new technology for producing fiber granules. The name is Pull-drill-process. Reinforcing recycling fibers were mixed, and then the fiber blend was to be formed to a sliver in a textile part with a feeder and a card. After that the sliver is running through a nozzle with a heating zone, a cooling zone and a cutting machine.

The two pictures show such granules with 30 % aramid- and carbon-fibers. (Fig.3)

22: Fiber Granules for the Injection Molding

The fiber granules are appropriate for injection moulding technologies. This is an example for composites with 30% reinforcing recycling fibers and 70% PA 6. The most important mechanical properties are listed there. (Table 4)

Our opinion is, that the properties show a high potential for injection moulded heavy-duty bulk product.

23: Governmental Financial Support

Before I come to the end of my lecture, please let me tell you something about the governmental support for recycling

processes in Germany.

At first, naturally, there is a fundamental interest of textile companies on the recovery of production waste.

The reason is a financial one.

The second point is governmental financial support for recovery or avoidance of textile waste.

There are several opportunities;

Financial Aid Programs in the EU (7th Research Framework Program)

Financial Aid Programs in Germany

Financial Aid Programs in the Federal States

At the financial Aid programs in Germany you can choose;

Federal German Ministries

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (an environmental Foundation)

Agency of Renewable Resources

German Federation of Industrial Research Associations

24: Summary

Textile production waste and post-consumer Textiles are important high-quality resource bases. Secondary fibers extracted from technical high-performance fabrics are interesting, due to cost effective reasons.

The current technology of tearing results in :

Short fiber length

Limited technical properties

Limited possibilities for reutilization

The Web-Shredding-Process is a new alternative for recovering high-quality recycling fibers. The developed equipment is available.

Table 1. Consumption of raw materials of the German textile industry 2004

Fiber type	Clothing	Home/household textiles	Industrial textiles	total	
		Shares in %		%	in 1000t
Man-made fibers	62	84	99	85	676
Cotton	19	12	1	9	74
Wool	19	4	0	6	50
Consumption of raw materials total in 1000t	208	257	335	100	800

For ca. 10% waste in the whole textile processing chain: 80.000 t production waste

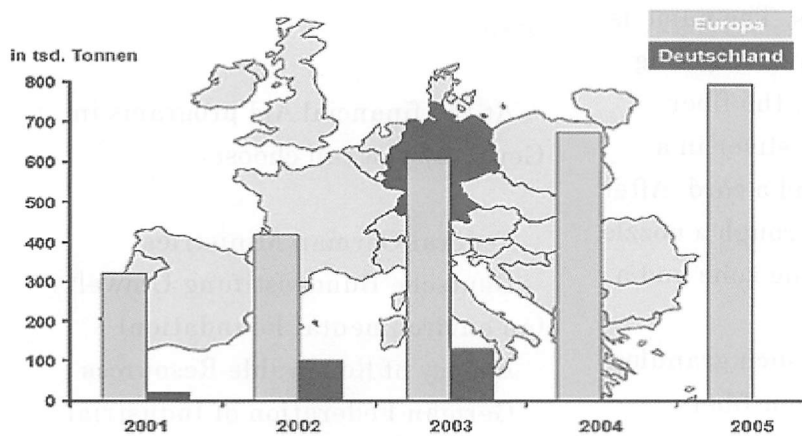


Fig.1 The collection of PET-Bottles

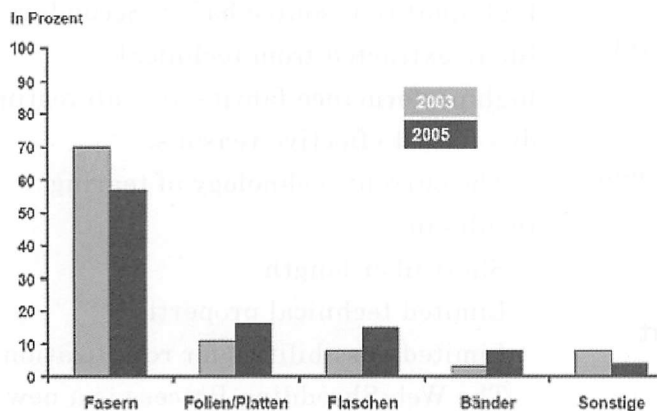


Fig.2 Recycling products from PET-Bottles in Europe

Table 2. Advantages of the Web-Shredding vs. Tearing

	Web-shredding	Tearer
Fiber quality		
Impurities	no	metal particles
Residual fabrics	no	exist
Knopping	no	high
Fiber damage	low	high
Fiber length [mm]	More as double as long after tearing	
Type of waste		
Conventional fabrics	possible	possible
High-strength fabrics ballistics, belts, airbags	well adapted	restricted
Carbon	well adapted	does not work

Table 3. Properties of the Recycling Fibers

	p-Aramid	Carbon
Fiber length [mm]	50-60	25-40
Tensile strength [N/mm ²]	3024	4050
E-Modulus (0.5-1%) [kN/mm ²]	51.4	158
Losses compared to the parameters of primary fibers	<10%	<10%
Cost reduction compared to primary fibers	at least 25%	at least 50%

※Main cost share = waste costs

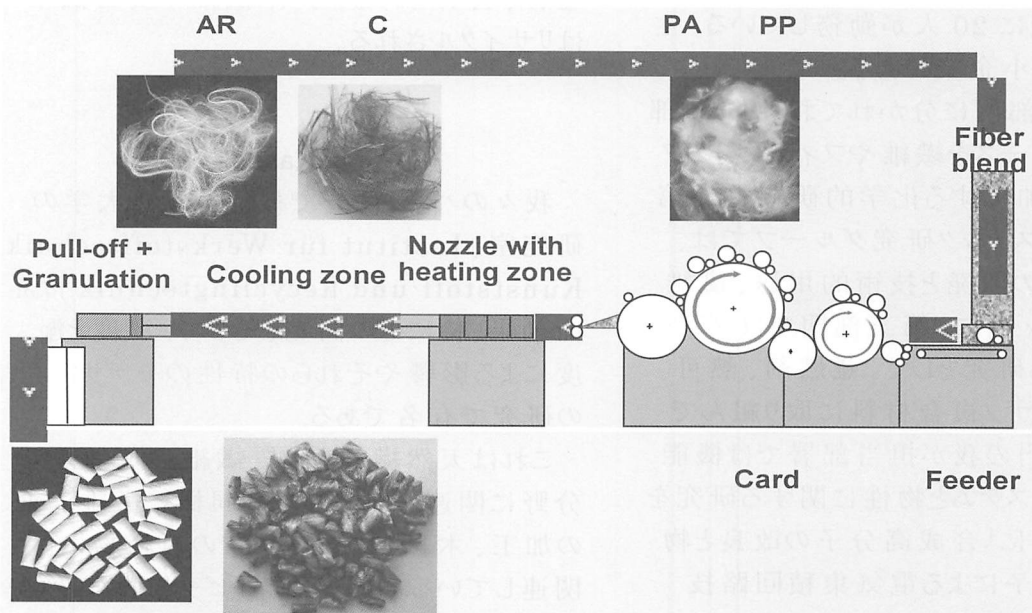


Fig.3 Pull-Drill-Process for Fiber Granules

Table 4. Composite properties (30%fiber/70%PA6)

	AR/PA	C/PA
Tensile strength [MPa]	116	240
Tension-E-Modulus [MPa]	7300	23.600
Bending strength [MPa]	160	350
Bending modulus [MPa]	6100	17.800
Impact strength [kJ/m ²]	44	76
Notch impact strength [kJ/m ²]	12	12

ドイツにおける化学繊維リサイクルの現状と未来

レナーテ ルツケンドルフ

TITK 研究所 主任研究員, ドイツ

1: はじめに

本日は、ドイツにおける繊維の新しいリサイクルについての情報を皆様にご提供するために講演準備をいたしました。

2: TITK

TITK は Thüringisches Institut für Textil-und Kunststoff-Forschung の略記であり、ワイマールの近くのルードルシュタットを拠点とした繊維研究会として 1954 年に設立された。今日では、110 人の雇用者が TITK で勤務しており、材質検査用の子会社に 20 人が勤務している。主な取引先は中小企業である。

TITK は 4 部門に分かれており、第一部門では「セルロースを繊維やフィラメント、フィルムへ成形加工する化学的研究」に、第二部門のプラスチック研究グループでは、「繊維用繊維の開発と技術的用途、繊維強化プラスチック」に、第三部門ではプラスチックに関する研究として、難燃剤、熱可塑性化合物、ナノ複合材料に取り組んでいる。第四部門の我が担当部署では機能性高分子のシステムと物性に関する研究を行っており、主に「合成高分子の改良と物性調査、高分子による電気集積回路技術」の二つの分野に取り組んでいる。また、併せて子会社の材料検査機関 OMPG の運営も行っている。

3: TITK 繊維および材料研究部

我々の担当部署では、主にガラス繊維や、炭素繊維、アラミド繊維のような繊維強化

複合材用合成繊維の研究に取り組んでいる。その業績は、廃織物より長繊維を取り出す技術の開発と多機能な適合性を持つ繊維複合材の開発である。

再生繊維の開発と技術的な応用は私達や取引先企業にとって重要な分野であり、製造加工や製品化、物性の改良に繊維が適合するか調べることは必要不可欠である。

また興味深い分野は繊維加工と繊維複合材である。

繊維が役割を果たし、機能しなくなった場合、含有されるアラミド繊維や炭素繊維はリサイクルされる。

4: Kassel

我々のパートナーであるカッセル大学の研究室、Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff-und Recyclingtechnik は界面効果、特にその同定、そして、温度と湿度による影響やそれらの特性のモデリングの研究で有名である。

これは天然繊維、木質繊維という 2 つの分野に関連しており、また同様に繊維表面の加工、木材とプラスチックの複合物にも関連している。もう一つのトピックはマイクロセルラー発泡成形である。また、重要なものとして、材料物性の最適化や表面性状の調査がある。

ポリマーリサイクリング計画には臭気測定や品質管理が含まれており、動力学的挙動、長期および耐衝撃性挙動、また耐溶媒性を試験することは全ての開発計画にとって重要である。

5: Timtex

Timtex は繊維リサイクル機械のエンジニアリング会社です。皆さんは講演終了後そのパンフレットの幾つかを手に入れることができます。

6: アジェンダ

今日は、ドイツでの廃織物(分類、構成、量/占有率)、実際のリサイクル製品の利用状況、繊維リサイクルによる効果、解決への新たなアプローチ、まとめの5点について説明します。

7: ドイツの繊維産業

まず、ドイツの織物市場において繊維の全消費量は2004年に、800,000トンに達し、その内676,000トンが化学繊維であり、全体の85%を占め、残りは綿とウールであった。織物産業全体では織物加工プロセス中10%、約80,000トンが産業廃棄物として処理されている。

8: ペットボトルリサイクル

現在欧州全域、ドイツにおいてもペットボトルの回収量は増加しており、大部分はPET繊維としてリサイクルされ、欧州では60%から70%にあたるほぼ500,000tが繊維製品に使用されている。リサイクルされたPET繊維も人造繊維に分類されている。

9: 繊維廃棄物原料/製造工程廃棄物

さて、ドイツでは前述したように製造工程中の廃織物が年間80,000t排出されている。

10: 製造工程廃棄物

その上、海外から膨大な不織の端布や綿コーマの廃棄物のような同様の廃織物が輸入されており、実際の総廃棄物量は定量できていない。それら廃織物のリサイクルの可能性は、直売やリサイクル産業の拡大、再生品の製造、エネルギーリサイクルである。

11: 織物廃棄物/使用済み織物の発生源

また、その他の廃織物の発生源として服飾品、家庭用品、工業用布の使用済み織物が挙げられ、これらは廃棄物再資源業者により分類されリサイクルされるか、あるいは、再利用者に直接引き渡されている。リサイクルされている廃織物には自動車からの織物、家具からの織物、また電子・電気装置から出される織物が含まれているため、一年間での再生繊維の製造量は38,670tに達している。

12: 使用済み織物類

ドイツにおける使用済み織物の総排出量は、年間886,000tであり、国内製品と輸入品によるものである。その内の33%がごみで、67%が収集されリスト化されている。その67%の内訳は22%が東ヨーロッパへの輸出物であり、45%が5種類(まだ着られる服18%、清掃用布16%、再生繊維4.5%、紙類・ダンボール2%、廃棄物4.5%)に類別されている。

13: 織物廃棄物の形態

織物産業からの産業廃棄物と我々の生活から出される2種類の廃織物の特徴を挙げる。まず、織物産業の産業廃棄物は不合格製品や織布製造工程で排出された不織布片であり、清潔で組成が明瞭、未使用、発生量の予測が可能、仕上がりが明確などの多くの利点を持っている。しかし、

大きな一つの問題点は全体的に発生量が減少していることである。その反面、我々の生活で消費された使用済みの廃織物は、より一層増加している。しかし、使用済み廃織物は多くの問題点を抱えている。例えば、組成が不明確、複合繊維素材である、経年劣化している、清潔でない、織物以外（コート剤、皮革、金属、樹脂）の混入がある、色が統一されていないなどが挙げられる。

14: 再利用経路

まず、織物がリサイクルされる経路として、織物工場や消費者、サービス産業からリサイクル会社や慈善団体へ廃織物が収集され、繊維の混合比や製品グループ（ジーンズ、シャツ、スーツ、ズボン等）、衣服の水準、色によって選別され、再利用品や再生繊維、エネルギーリサイクル利用の3つに分類される。

15: リサイクリング

今回は、「リサイクル」について焦点を絞る。リサイクルには、材料リサイクルと原料リサイクルとの2種類がある。

原料リサイクルは新規合成のための原料を得ることを意味しますが、これは今日のトピックスではありません。

マテリアルリサイクルはメカニカルリサイクルと加熱リサイクルに分類される。マテリアルリサイクルとは、廃織物を裁断または破断し、工業用清掃布や新たな織物の繊維材料、装飾材や遮断材等のフィラーの材料として再利用することである。

また、加熱リサイクルとは、ポリアミド(PA)やポリエーテルスルホン(PES)、ポリプロピレン(PP)などを加熱することで再び粒状化し、それから複合材料中の熱接合繊維あるいは熱硬化性マトリックスなどに再利用することである。

ケミカルリサイクルとは、新たな合成繊維

の原料とするために、廃織物を新規原料と同等の品質になるように低分子化するなどの化学的手法によりリサイクルすることである。

まず、マテリアルリサイクルにおける機械的リサイクルの利点と問題点について述べる。

16: 織物の破断

世界各国で、廃織物のリサイクルに多種多様の織物破断機が利用されている。再生繊維の生産技術は、前処理、破断、残留物の処理という工程から成る。しかし、この技術には問題点がないわけではない。織物は破断すると繊維の長さが短くなり、再利用するためには長繊維の添加が必要となる。さらに、強度のある織物には複雑な機械を使用せねばならず、膨大なエネルギーを必要とする。

17: 高強度繊維用織物裁断法

そこで、約2年前 TITK と Uni Kassel は新リサイクル技術、特にアラミド繊維用の開発プロジェクトに取り組んだ。その作業工程は3段階となっている。

まず、織物を 30mm 四方または 70mm 四方に切断する。

次に modified mills (改良型破断機) で織物の繊維をほぐす。この破断機こそが新技術「織物裁断法(web-shredding)」の要である。

最後に、従来と同じオープナーでバラバラにする。

この新技術の各工程により高い利用価値のある高品質の再生繊維を得る事が出来る。

その結果、アラミド繊維だけでなく炭素繊維にも利用できる利便性の高い新技術を開発する事が出来た。

18: 織物裁断法の利点

「織物裁断法」と「破断法」との間にはひとつのベンチマークがあり、ここでは両者を繊維の品質と廃棄物の形態、2つの面から比較する。

19: リサイクリング繊維の性質

ここで重要なのが、再生繊維の性質である。再生されたアラミド繊維と炭素繊維の品質の比較を表 1 に示す。

従来法では繊維中に不純物である金属の小片や繊維くずが混入され、結節が多く繊維の損傷も激しい。一方、新技術の織物裁断法では、不純物、繊維くずの混入は全く見られず結節も無く、繊維の損傷が少ないという利点がある。また、従来の破断法より2倍以上の長さの繊維を維持できるのも大きな利点である。そのうえ、廃棄物の種類の観点から比較しても、従来法ではバリスティック、ベルト、エアバッグなどの高強度織や炭素繊維の処理は制限されていたが、織物裁断法では、良好に処理できる。(表 1.)

20: 設備の製造業者

この新たなリサイクル工程の設備は市販されており、ツバイブリュッケンにある会社 Pallman は、改良型破断機を提供している。そして、Timtex は繊維リサイクル機械のエンジニアリング会社であり改良型を含めた織布破断機のリサイクリングラインの設備を提供している。

21: 繊維粒子の Pull Drill プロセス

織物リサイクルにおいて再生繊維化は、ほんの一部である。我々は、常に、このような繊維をどのように利用していくか検討している。

アラミド繊維や炭素繊維のような高強度の再生繊維は、その特性や価格が採算性のあるものであるならば、プラスチック産業に

とって大変興味深いものである。その他の問題点は前処理の種類である。

TITK は繊維ペレットを製造する新技術 Pull-drill-process を開発している。再生強化繊維はマトリックス樹脂 (PA, PP) とファイダーで混合され、カード機を用い薄片まで形成され、その後、過熱ノズルを通過し冷却され裁断機でペレット化される。

22: 射出成型用繊維粒子

この繊維ペレットは射出成形による加工に適している。表 2. に 30%の再生強化繊維と 70%PA6(ナイロン 6)との合成物の機械的性質を示す。(表 2.)

この射出成形法により高強度で高品質な再生品を大量生産する事が可能であり、この技術は、廃織物リサイクル推進の一役を担ってくれるであろう。

23: 政府の財政支援

最後に、ドイツでのリサイクルプロセスのための公的な資金援助について報告する。

まず、当然ながら、財務上の理由から基本的に、織物業界は廃織物のリサイクルに対して関心を向けている。また、政府は廃織物のリサイクルや廃棄物の抑制のために資金援助を行っており、公的な資金援助プログラムは、EU の資金援助プログラムの第 7 次ワーク計画 (FP7) をはじめ、ドイツ連邦州における資金援助プログラムなど幾通りもあり、ドイツ連邦省庁や環境財団「ドイツ環境基金 (DBU)」、資源再生機関、ドイツ連邦産業調査協会等から資金援助を受けることも出来る。このように、ドイツではリサイクル活動への財政支援が盛んであり、新しい技術の開発に取り組みやすい環境にある。

24: まとめ

リサイクル加工段階での廃織物と使用

済みの廃織物は、重要な高品質資源であり、パフォーマンスの高い繊維を再生し製造された二次繊維は、効果的なコスト削減が可能であることから大変興味深い。しかしながら、現在使用されている廃織物の破断技術は、短繊維化や処理可能な繊維素材に制限があるなど、リサイクルに限界があ

る。一方で、新たに開発された織物裁断技術は、素材を問わず様々な廃織物に適合しており、高品質の再生繊維を製造することが可能である。現在、この技術は既に稼動しており、今後、従来の技術に代替する技術になりうるであろう。

Renate Lützkendorf: Textile waste – recycling processes and possibilities of recycling

Breitsheidestr.97, 07407 Rudolstadt-Schwarz, Germany

著者: レナーテ ルツケンドルフ (TITK 研究所, ドイツ)

翻訳: 齊藤 奈々子・森 智和・高宮 麻理亜, 〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1 山梨県環境科学研究所 環境資源学研究室

表1. 再生繊維の品質

	アラミド繊維	炭素繊維
繊維長[mm]	50-60	25-40
引っ張り強度[N/mm ²]	3024	4050
引っ張り応力(0.5-1%)[kN/mm ²]	51.4	158
本来の繊維の数値との損失比較	<10%	<10%
本来の繊維とのコスト比較	少なくとも25%	少なくとも50%

※主なコストの割合=廃棄コスト

表2. 射出成形用繊維ペレットの品質

合成物の特性(30%繊維/70%ナイロン6)		
	アラミド/ナイロン	炭素繊維/ナイロン
引っ張り強度[Mpa]	116	240
引っ張り応力[Mpa]	7300	23.600
曲げ強度[Mpa]	160	350
曲げ応力[Mpa]	6100	17.800
衝撃強さ[kJ/m ²]	44	76
ノッチ衝撃強さ[kJ/m ²]	12	12

総合討論「容器包装リサイクルの課題と今後の方策」

座長：奥脇 昭嗣^{1,2}

パネリスト：鈴木 嘉彦³、吉岡 敏明⁴、窪田 真弓⁵、関口 通哉⁶

¹ 山梨県環境科学研究所客員研究員

² 東北大学名誉教授、客員教授

³ 山梨大学工学部長 教授

⁴ 東北大学大学院環境科学研究科 教授

⁵ NPO 法人スペースふう 事務局長

⁶ 山梨県森林環境部循環型社会推進課 課長補佐

【奥脇 昭嗣】

本日は多くの市民の方がいらっしゃっているのですが、限られた時間ではありますが、身近なプラスチックである容器包装をテーマに、山梨県ではどんなことができるかということをはっきりとできればいいかなと思っています。

廃棄物となったプラスチックには様々なものがありますが、容器包装リサイクル法の中では産業廃棄物や事業系の廃棄物、例えばオフィス街で使われているようなものは対象にならないわけですので、ペットボトルなどの一般的な容器包装プラスチックをテーマに議論したいと思います。

容器包装リサイクル法の目的は循環型社会の確立です。循環するためのシステムはある程度出来ているわけですが、人が集めるという収集制度の問題があります。その部分はすごく簡単なシステムを作っていかなければ生き残るのが難しいと思われれます。そしてその役割はどのようなものなのか、そういった所を短い間ですが議論したいと思います。

地球環境が変化しつつある今、持続可能な社会に移行することが不可欠です。国と世界の動きは非常にゆっくりですが、実は自然環境の動きは早く、例えば100年経つとアマゾンの3分の2近くが砂漠になってしまう、というコンピューターのシミュレーションがあります。そういったところに向か

ったときに、市民が自分たちの生活を考えるという意味でプラスチックは非常に大事です。

実際に自治体のリサイクルの現状ですが、リサイクル費用の90%がその他プラスチックのリサイクルにかかるというのが非常に大きいです。このように、環境問題の背景は複雑多様ですけれども、環境負荷や諸費用の小さいリサイクル等に移行することを目指すのが必要ではないかと思っています。

容器包装リサイクルの法的な仕組みを簡潔にまとめますと、消費者、つまり我々と自治体である市町村、特定業者（容器包装を作る事業者）の三者がそれぞれの役割を分担するという事です。住民には分別の手間、市町村はそれを収集・べール化・保管する費用の負担、特定事業者は再商品化費用の負担です。つまりここでリサイクル製品を作る業者が費用負担をうまくとれば、よく言われますように三方一両損で循環型社会を作ってプラスチック・リサイクルの輪を廻していけるということではないかと思っています。

しかし現在、そのようにうまく言っている事例はまれでして、費用負担を例にとりますと、特定事業者は輸送・商品化するために費用を負担していますが、ペットボトルに関しては今年度、実は事業者が負担しない、つまり一部分が資源として売れるような状況がありました。それに対して、その他プラスチッ

クの処理は非常にお金がかかっているという問題があります。そこで、Schanssema さんのご講演にもありましたように、新しいリサイクルを考えてもいいではないかというのが業界のご意見のようです。容器包装のリサイクルはお金がかかるものですから、Schanssema さんの講演にあったように何か新しい提案ができればと思っています。

まずはパネリストの方々にそれぞれのお話をさせていただきたいと思います。

最初は鈴木先生に循環型社会、われわれが目指している社会がどういうものかということをお話していただきたいと思います。鈴木先生は、山梨大学大学院の医学工学総合研究科の教授であって、工学部長をやっておられます。地元山梨県のお生まれで山梨大学から東京工業大学に進まれて、ドクターをおとりになって電気工学からこういう循環型社会まで仕事を展開されている非常にユニークな方でございます。それでは鈴木先生、よろしくお願ひします。

【鈴木 嘉彦】

山梨大学の工学部長になってから、私のキャッチフレーズはテクノロジーなんですけれども、未来世代を思いやるテクノロジーというのをやっていかないと、21世紀は続かないだろうと考えています。

何が問題かというと、現代社会の考えというのは物質が循環しない。今、循環型社会を目指さなければならないと言っていることは、逆に言うと現在は物質が循環していないということでもあります。現代社会は持続的に発展できない社会構造になっているという非常に大きな課題を抱えている、ということを受けまして、これから未来世代にも受け入れられる社会への転換、そして日本の場合だけですけれども、少子高齢化が進む中で安心して生活できる社会への転換、これに直接テクノロジーがかかわらなければいけないというように考えています。

まず一番の問題ですが、生き物と無機物の違いです。アイスクリームとホットコーヒーと人間がいて、この部屋の中にアイスクリームを置いておくと、一時間もすると溶けてしまう。ホットコーヒーは冷めてしまう。ところが皆さん方の体温は一時間この部屋にいても変化しない。なぜなのか？人間は生き物だから、生きているって言うのはどういうことなのかというと、体の外から必要なもの、例えばご飯だとか酸素を取り込んで、エントロピーは大きくなるんですけど、大きくなったりいなくなったりしたものを外に捨てる。つまり生き物は必ず開放系でなくてはいけません。と、こういう条件があるわけですね。

ところが、われわれが住んでいる地球には表面に薄い空気の皮がある。この外は真空です。だから物質的にとにかく物が出入りしない。つまり生き物にはなりえない。ところが、地球は太陽から光をもらって熱を捨てることができる。つまり、エネルギーという観点で見ると開いている、物は出入りしないけれどエネルギーは出入りできる。そういう特殊な生態系の中で、われわれ人間はどうやって生きていられるのかというと、太陽の光を植物がもらって、光合成をして、作った食物を動物が食べて、燃焼します。でてきた廃棄物は微生物が分解してくれて、原料のCO₂と水にもどる。これは全部の反応が発熱反応で、熱は外に捨てられる構造をしています。これが実は、地球上で我々が生きられる仕組みだと言うわけです。

ところが、現代社会の物の流れはどうなっているかかというと、今日の正にプラスチック・リサイクルの問題と同じで、地下から化石燃料を掘り出してきました、これを加工して、プラスチック製品、ガソリンなどに加工して、消費して、最後は廃棄物になる。ところが、廃棄物はエントロピーが大きい状態ですから、資源にはもどりません。そうすると何が起こるかということ、資源が枯渇に近づいて廃棄物は増大する一方だというわけです。これが要するに、われわれ人類が直面している課題

だということですね。

このように、われわれは非常に大きな課題を抱えています。ここで特に今日の課題、プラスチック・リサイクルの現状と未来という意味で言うと、世界の石油、原油系の化石燃料がどれくらい埋蔵されているのか、どれくらい使えるのかということですが、問題はこれがあと49年という限定されたものだけということです。原油は2004年度で2億7千8百万キロリットル位の量が毎年処理されており、特にナフサ、つまり化学系の原料として、プラスチックの原料に使われている。つまり、限られた原料を使ってプラスチックは作られ、消費されている、そういう現実を知らないといけないと思います。

西田先生の講演にもでてきましたが、1980年代からプラスチックの生産量はおおむね増えてきています。こういう状況の中では、原油系でないもの、植物由来のバイオマスを使ったようなものに最終的に移行しなければいけないと考えられる。しかし、当面はどうやって石油由来のプラスチックの有効な活用方法を確立するのか、というのが最大の課題だということです。これが今日の三名の講演者の皆さん方のお話の最大のポイントだろうと思います。

われわれの20世紀の技術というのは、自然界からかけ離れた技術で、超高速、超高精度、超高温などといった技術だったわけですが、21世紀の目指す方向というのは地球の性質に合致した科学技術、つまり未来世代を思いやるテクノロジーという格好で、持続可能なエネルギーと資源を活用して環境に負荷が少ない技術を目指す必要がある、ということです。これを大前提して私自身は工学部が20世紀の工学部から新しい工学に変わらなければいけないということで、今一生懸命色々活動しているところです。

【奥脇 昭嗣】

鈴木先生には、後のパネリストの皆さんがなぜこういう仕事されるのか、その意味は何

かということの説明とイントロを発表していただきました。どうもありがとうございました。

次に、NPO法人スペースふうの窪田さんにお話をしていただきたいと思います。窪田さんは、山梨県生まれで、2002年にスペースふうの理事兼事務局長におつきになって、昨年は日本青年会議所人間力大賞を受賞など色々な受賞をしておられる方です。

では、窪田さん、よろしくお願ひします。

【窪田 真弓】

私たちは山梨県の増穂町というところで、リユース食器のレンタル事業というのを展開しているNPOのスペースふうと言います。私もスペースふうは、イベントなどで出る使い捨て食器のごみを見まして、そのごみをどうにかならないか、どうにかしたいと思って、リサイクルショップをやっていた主婦10名が立ち上げたNPOです。なぜこのリユース食器をやりはじめたかと言いますと、うちの理事長がドイツの環境ジャーナリストのかたの講演を聞きまして、ドイツではイベントで使い捨て食器を10万人規模のイベントでも使わず、リユース食器を使っているという話を聞きまして、ドイツでできるのであれば日本でもできるんじゃないかということで活動を始めました。

まず、なぜリユース食器が導入されないのかということですが、それは洗うのが面倒くさいからです。洗うのが面倒くさい上に食器もそんなにたくさん準備するのがいや、ということです。そういった理由でみなさんが使い捨て食器をつかうので、それでは今までと同じ努力にしようということで、使い捨て食器を買って使って捨てる、というこのスリーステップを、借りて使って返すという、ただその三つに変えるだけのシステムにしまして、洗浄料金をいただくというシステムを作りました。お客様は自治体やサッカースタジアム、イベントなどで、使い捨て食器を使うところはどこでも私どものお客様になります。私どもがリユース食器を貸し出しまして、貸し出し

たところではイベント主催者や、売店の方が利用者に食器を貸し出して、そのときに100円のデポジット金を上乗せして、お客様が食品を食べまして、食べ終わったら食器を返すと100円のデポジット金が返ってくる。こういったシステムをお勧めして、私どもはそのショップに貸し出した食器についてのレンタル料金をいただくということです。イベント主催者の考え方によってはこのデポジット金を導入しないところもありますし、それから、リユース食器の利用料金はだいたいイベント主催者やお店のかたが払うのが普通なのですが、利用者がお客様に負担していただくというイベントもいくつかできております。

私どものリユース食器の利用状況ということですが、今のところ100万個を突破しています。映画館やサッカースタジアムで使われ、昨日ありましたJ1のサッカー、ヴァンフォーレ甲府の会場でも利用されました。そして、色々なイベント、結婚式、パーティーの様に様々なところでお使いいただいております。

最初、私どもはアナログな活動で、地域のお祭りなどに貸し出しまして、おばちゃんたちの手で洗って返そうという考え方で始めたんですが、非常にこれが話題を呼びまして、経済産業省さんの委託金などをいただくようになりまして、全国、北海道から九州沖縄まで受注があるようになりましたので、これでは搬送するのに非常に環境負荷が高いということで今は九州、それから鳥取、岩手、東京それから北海道に同じ事業をする拠点ができまして、まだまだこれからいま大阪、長野、静岡、神奈川等でいま立ち上げを準備しているところです。

私どもも色々なリユース食器のレンタル事業をやっていますが、食器の種類ですね、やっとプラスチックの話が出てきます。リユース食器はほとんどがポリプロピレン製なのですが、ペタルカップにつきましてはバイオマスプラスチックになっております。私どもが経済産業省の委託事業を受けたときに、九

州工業大学の白井教授と知り合いまして、ここでいままではポリプロピレンの食器を使っていたんですが、必ず食器が返ってくるということに白井教授が着目しまして、バイオマスプラスチックを必ず返ってくる、循環するというシステムで導入できないかということで、バイオマスのプラスチックカップを開発しまして導入しております。それから、食器をレンタルするときに裸のままお出しするわけにはいきませんので、ポリ袋なんかに包装しますが、こちらのほうもバイオマスプラ製のものを使用しています。そしてそれを結束するテープも全部バイオマスプラで作りまして、すべて食器とともに回収して、そして食器は食器でまたダメになった場合はもちろんリサイクル、そしてこの袋類も回収したものはケミカルリサイクルですね。化学的にリサイクルしていただいて、すべてもう一度同じプラスチック材料として再利用するという事をしております。

また、限りなくゴミゼロを目指すということでやっておりますが、問題点はコストですね。リユース食器は確実にCO₂排出量を減らせるということは、鈴木教授にお願いしてLCAなどで評価していただいてわかっているのですが、バイオマスプラは非常にコストが高いので今後の課題です。NPOの事業内容としては、食器にシールがついております。このシール部分に企業広告をいれて今は広告費で事業の不足分をまかなっているという状況です。

【奥脇 昭嗣】

窪田さんに、リユース容器のレンタル事業の実際とその問題を発表していただきました。どうもありがとうございました。

続きまして東北大学の吉岡先生ですが、吉岡先生は1963年にお生まれになって、東北大学の工学部を88年にご卒業で、そのまま大学院に残られて96年にドクターをとって、2005年に教授になられたという非常にスピード出世をされた先生です。吉岡

先生には容器包装リサイクル法の概要と問題点を整理していただきたいと思います。では、吉岡先生よろしくお願ひします。

【吉岡 敏明】

容器包装廃プラスチックを本当に有効にリサイクルするには、ということで発表させていただきます。先ほどの西田先生のご講演のなかで、容器の流れということでご説明があったと思いますが、これを簡単に説明いたしますと、まず指定法人である日本容器包装リサイクル協会(容リ協)に回収契約のための委託料が特定事業者(製造メーカー)から払われるわけです。商品はメーカーから消費者に販売され、廃棄されると自治体が回収・保管し、処理業者へ運搬ということになります。消費者は別とすると、廃棄容器包装の回収・保管にはある程度費用が発生しますが、これは自治体が負担することになります。容リ協には回収契約の委託料が入っていますが、最終的にどうなるかという、再生処理事業者、いわゆるリサイクルする事業者が入札をして再商品化受託料が処理事業者に払われるわけですね。実はここが非常に難しい状況になっているわけですが、この流れですと自治体と消費者に何もメリットがないんですね。現状ではそのようになっています。

今どのくらい廃プラスチックが回収されているか？ということですが、市町村がどのくらいこの容リ法のリサイクルに関係しているか？登録しているか？ということになるわけですが、一番あったときはペットボトルが2400程度だったんですけども、今はかなり減っています。要するに色々やりますと手を上げたんですけどやっぱりやっつけられないと、ということで今は手を下ろしちゃったわけですね。その他プラスチックについても同じような状況があって、がんばったけれどもやっぱりだめだということで、かなり自治体は撤退しているという状況になっています。

次にリサイクル量の推移なんですけれども、

回収量は減っているにもかかわらず、リサイクルする量は、その他プラスチックについてはどんどん増えています。ところがペットボトルに関してはもう減少傾向になっているんですね。これは自治体がいわゆるリサイクル貧乏になるかならないかということが非常にあるんですね。実際にはリサイクルしている量というのはおそらくもっと多いと思います。ただ、登録されている量が少ない。この容リ法のシステムにのらないでリサイクルされているプラスチックというのは実はかなりあるだろうと見られています。ただしそのデータをはっきり出すということにはなかなか難しい。しかし、実際にはもっとあるということには間違いありません。

次に、事業者が容器包装リサイクル協会にどれくらい委託金を払っているかということなんですが、プラスチックに関しては450億円ぐらいです。ペットボトルに関しても50億円以下30億円ぐらいの金額をメーカーが容リ協にお金を納めているという状況になっています。要するにこのお金をどのように分配するかということで入札が決まってくるわけです。

次は、県民一人当たりのプラスチック回収量です。実際には自治体に参加する人口で割らなければならないわけですが、ちょっとなかなかわかりにくいところもあるので、おおまかに県民一人当たりになりました。県民一人当たりの回収量にすると、一番高いのは高知なんですね。一番低いのは沖縄本島となっています。山梨は下から10番目ぐらいの割合になっています。かなり参加している自治体が少ないので、一人一年間に大体1.5キロ位しかプラスチックを回収していないという計算になります。

同様に、県民一人当たりのペットボトル回収量なんですけど、ペットボトルですと先ほど一番低かった沖縄がトップです。要するにプラスチックは集めないけれど、ペットボトルは集めているんですね。これは多分、集めたものを海外に売っちゃうとか、そういうよう

なことをやっています。一方、鳥取は実はもうやめています。ペットボトルをもう回収していない。どこの自治体もやっていない。リサイクル貧乏になりたくないからということです。ですから、回収量が多い方がリサイクルには非常に積極的だというわけですが、回収量が少ない方もどちらかといえば積極的でないといういいかたがいいのか、あるいはリサイクル貧乏というのを見越して今見れば賢い選択をしたのかわかりませんが、そういう状況です。ただいずれにしても自治体あるいは消費者に利益のない状態になっております。

ヨーロッパの講演会で聞きましたけれども、数年前まではヨーロッパでは、熱回収やエネルギー回収というのはあまり受け入れられてなかったのではないかと思います。主に材料リサイクルが主流だったようにも聞いております。それで、日本はいろんな国の回収システム、主にヨーロッパ特にドイツのシステムを先行資料として非常に参考にさせていただきました。そのときに熱回収やエネルギー回収というのは使わないという言われ方をしていましたけれども、今日の Schassema さんのご講演を聞くと、逆にそういうものもヨーロッパのほうでは見直されてきているという部分もあるので、お互いにいい所で補うような形で、世界的なリサイクルの推進が計れば良いだろうと思っております。つまり、環境問題というところを考えますと、廃プラのもつエネルギーキャパというのは非常に高いものですから、簡単に言えば石炭の代替として使うことも可能だと言う事です。そうするとCO₂の削減が計れるということになります。例えば電力・鉄鋼・セメント、というようなところの石炭の代替に、今使っていない廃プラを持っていったらCO₂の削減率というのは、電力だと6.5%、セメントだと実に30%近くのCO₂の排出の削減につながるわけです。

これをどういう風に使うか？どこで使うか？どのように持って行くかといいますが、いわゆる日本の基幹産業、鉄鋼やセメント、石油

化学などですけれども、それらの施設を中心に半径100キロ位の円を考えると、日本のほぼ全ての部分を覆ってしまうことになります。ということは何も300キロ400キロかけて遠くまで運ぶ必要がない。そうすると全国規模で集めている今までのシステムはなんだったのかというわけですね。地元で集めているのに地元に戻さない、それで儲けた企業というのは他の自治体に税金を払うわけですから、自分たちは何のために回収しているのかということになるわけですね。

そんなことで、私からの提案ということになりますが、受け入れられるか受け入れられないかは別として、要はもう容り協での入札はやめなさいということです。メーカーから受けた委託料というのは自治体に払ってください。ただし、自治体がどれだけ回収したか、努力賞というわけではないですけれど、いっぱい集めればその分委託料が支払われるという方向で、どの業者にリサイクルを任せると言う入札を決めるのは自治体に任せる、ということになります。ですから、自治体がある程度それぞれのリサイクルできる事業者を持っていけばいい。地元の再生処理業者の人はハッピーになるだろうと思います。雇用も増えるでしょう。ということで、仕事に結びつく。何らかの形で地元の消費者の方にもメリットがでてくるでしょう。これが私の提案したモデルです。ただこのためには、自治体の方々、消費者の方々、あるいはそのリサイクルしようとする事業者の方々との協力が必要になってきます。これをすぐにやろうといっても法的にはなかなか難しいところがあるわけで、ある場合にはリサイクル特区として三者一体となってですね。こういったシステムを開発して、地元での企業のやりかたというのを模索する事ができるのではないかと私は思います。

【奥脇 昭詞】

ありがとうございます。吉岡先生には、容器包装リサイクル法の概要とその問題、現

在のプラスチック・リサイクルの状況を解説していただきました。

最後に、森林環境部循環型社会推進課の関口さんですけれども、1956年のお生まれだそうで、1980年に山梨県庁に採用されました。この環境分野の担当になったのは平成16年だそうで、今は循環型社会の推進の分野をされています。それでは、関口さんには地元の事情や山梨県の取り組みをご紹介いただきたいと思います。

それでは関口さんよろしく願いいたします。

【関口 通哉】

先ほど吉岡先生のお話では、山梨県内のその他プラスチックの回収量が、県民一人当たりで見ますと、吉岡先生の言葉で申しますとある意味賢い選択をしているというふうなことですが、リサイクルのほうも見てみると、低い数値が出ているということでございます。

実は一人当たり数字は、私はここで今初めて見ましたが、山梨県から出されました容リ法に基づいた分別収集量を見ますと、一人当たりの分ですと、全国平均に比べ少ないということですが、これから拡大する余地が残っているのかなということで、容リ法を推進する立場からすれば、まだまだこれからの部分があるというふうに思っています。

全国の分別収集量と山梨県のもの比べましてもわかるように、全国になりますと2桁か3桁ぐらい上がってしまいます。ということは、山梨県の人口は88万人ということで、大体国の桁を2桁落として山梨県ということですが、それにしましても山梨県では相当少ないというような状況です。それに関しては、行政の方もどういう取り組みをしているのか？ということですが、基本的には、プラスチック製容器包装・ペットボトルにつきましても、山梨県内の市町村で容リ法に取り組んでいかないと問題は解決しないだろうと思っております。ですから、市町村

単位で見ますと、最近は合併をしたりしておりますから、ほとんどの市町村が取り組んでおります。ですけれど、数値が低いということはどういうことかと、やはり取り組みに対する住民の方の協力が必要になってくると思います。まず、分別するのが大変だという問題があります。ペットボトルはともかくとして、その他プラスチック製容器包装は非常に分別が難しいという所はあります。これに対しての普及啓発が大事になってくると思っております。

ごく最近話題を集めました、レジ袋を有料化するというお話があったと思います。このレジ袋のほうも石油製品から作られているプラスチックということですが、これについては国の方も今年の6月に国会で成立いたしましたして、来年4月から施行されるということですが、レジ袋が事実上有料化したらどうだろうかという方針が決まりました。ただし、レジ袋そのものを禁止にするということではなくて、業界の方ができるだけ使わないようにするという形で、いわゆる行政指導という枠の中で改善の勧告をする、命令をする、それでもダメな場合については罰金を伴う罰則を設けて、レジ袋を使わないようにしましょうということをお話しております。こういったものに対しまして、現在はマイバッグ運動で、スーパーマーケット等でレジ袋をもらわないということをやっておりますが、山梨県の中では特に車を使っての買い物が非常に多いので、マイバックだけでなくマイバスケットを使ったらどうだろうかという、いわゆる手提げカゴと同じ物を使っていただくと、詰め替えをしなくて済むということもありますので、マイバケットをやったらどうだろうかということを何度か提案はしております。

今ひとつは、先ほどのお話にありました、分別保管の費用がかかり、リサイクル貧乏となってしまうことが問題です。今回の法改正の中では、分別保管の費用について事業者負担を入れると言う、いわゆる拡大生産者責任を導入することは残念ながら見送ら

れてしまいました。指定法人の保護や、分別をしっかりやった市町村を優遇する制度ができましたけれども、残念ながら分別保管の費用について事業者の費用をいれるということはありませんでした。実際と致しましてはそれに対して引き続いて改正された容リ法にも見直し規定がありますが、これは5年後に検討を行うと言う状況です。やはり分別保管費用が大変かかるというようになりますと、リサイクルに対して具体的にないという状況がございまして、できるだけ自治体負担を少なくしようということを考えて、国に要望を出すようにしています。

先ほどの吉岡先生からの御提案のことで、こちらは国の制度のことですので、私が具体的にコメントをするわけにはまいりませんが、やはり山梨県内にどれだけ廃プラスチックを使う事業所があるのかどうかという点が問題になってくると思います。それから今の話として19年度は一般廃棄物の廃プラは、山梨県というレベルで考えたときに全収集量がどれだけ集まってくるのかということが問題というか、ある程度、種類ごとの分別までやっていかないとけないのではないかと思います。現在の山梨県ではそういったところが課題になってくるのかなというふうに考えております。

【奥脇 昭嗣】

関口さん、どうもありがとうございます。関口さんからは、山梨県の取り組みと県内の廃プラスチックの状況についてお話しいただきました。

それでは、時間も少なくなってきましたが、せっかくの機会ですし、会場の方からの質問をいくつかいただきたいと思っております。

【会場から】

窪田さんにお伺いしたいのですが、ポリ乳酸というのは、これは捨てたときに腐るのが特徴なので、食器を保管しているときに

カビてくるとかそういう問題がないのかということ、リサイクル性の面で見たら非常に悪いプラスチックなのではないかと思いますが、それをあえて使うのはイメージの問題なのかどうか、お願いいたします。

【窪田 真弓】

ポリ乳酸というのは生分解性プラスチックとか、よく日本ではほとんど土に還るというイメージで土に還ってコンポストに入れると分解する、というようにとてもみなさんの頭の中にこびりついていますが、そんなに素早く分解するものではないです。今出ているポリ乳酸については、65℃ぐらいの熱をかけて、微生物分解をかけないと分解しないです。例えば、今電子レンジにかけられる素材がでてきている。業界ではかなり広がってきています。非常に分解しやすくワンウェイで使われるものと、それからリユースで使われるような何度も洗って使えるものということで、表面にコーティングをしたり、色々な技術ができています。スペースふうではカップの厚みも厚くして、そのかわりコストがかかるんですけど、今のところキノコもカビもはえてきたといったことはありませんし、もちろん洗浄機にかける時にアルコールで洗浄してしまうと分解してしまうので、石鹼系の中性の洗剤を使って手間をかけて洗浄しますので、大丈夫かなというのを見ながらそういう実証調査をしつつ導入しているところです。実際には85℃一分間の洗浄機、75℃45分間の滅菌庫に入れても、今のところ二年以上使っておりますけれども、腐食してしまったとか、割れてしまったというものは今のところ出ていません。洗うのが遅れて、臭いが発生したという場合もございまして、これも洗浄すれば、普通のポリプロピレン製カップと同じように綺麗になります。今のところ、腐るといようなことは発生しておりません。

【奥脇 昭嗣】

もう一つ、経済的な面についても質問があるようなので、その補足していただければと思いますので、鈴木先生おねがいします。

【鈴木 嘉彦】

経済性の意味で言うと、多分、ポリ乳酸を使っているのは理由があって、九州工大の白井先生がもともと提案されていて、リユースして何度も使うとコストが安くなる。これ計算すると、何度も使う分だけある意味で言うと今のバイオマス素材というのはコストが安くつくということがあって、環境負荷が低くなるという性質があるんですね。そういうこともあるので、使ってもらった方が、1回ごとに再生するわけではないんだけど使っていくといいだろうというのが一つあります。それともう一つコストの面で言うと、実は決して採算取れるレベルではない。さっきは詳しい話を窪田さんはされなかったんですけど、今でもこれだけの仕組がうまくいっていますよと、全国規模で希望者が増えていますよとおっしゃっていますけれども、実はNPOはですね、私がいうより本人に言ってもらった方がいいのだけれども、とても安いお金しか払えない状況なんですね。つまり経済的にはまだやっぱり使い捨てショップに太刀打ちできないという現実があるんですね。

【奥脇 昭嗣】

他に、本来のプラスチックの件でもう一方質問をお願いいたします。

【会場より】

今日は本当に長い時間これからのことを教えていただきありがとうございました。

私どもは子供エコライフネットという山梨県のなかで、環境保全活動させてもらっている個人の団体でございますけれども、先

日も牛乳パックの再利用を考えるとこのころで子供サミットというものを開かせていただきました。宣言をいくつか子供達と作って活動をすすめているのですが、今日のセミナーの先生方のお話にもあるようにですね。自分の責任は自分で果たしたらいいんじゃないかということですね、ということで私たちもこの宣言のなかにマイハシ、マイカップを使おうじゃないかとこんなことが宣言とされました。なぜこんな話をしたかといいますと、やっぱり人づくりのために県としてどんなことをこれからしたらいいのか？ということをお聞きしたいです。

【関口 通哉】

ありがとうございました。子供エコライフネットさんでしょうか。色々な活動をしている方にご協力いただいているようでありがとうございます。県の取り組みですが、環境日本一やまなしというスローガンで、環境の4つの柱ということでやっております。そのなかでもやはり環境教育、環境学習とでもいいでしょうか、こういったものが行政でやっていく上で一番大変だろうと考えております。この環境科学研究所も環境学習が1つの目的とされていますし、今回のセミナーもそういう目的で行われているわけですが、そのなかでのそういった人づくりという点での学習教育ということは非常に重要だと思っております。

【会場より】

みなさんいろんなところで活動しておられ山梨県でも活動しておられるわけですが、細かいところを言えばいろいろとありますが、結局お金ということなんですね。お金って言うのはそんなに大切なのか、ということが実は今ものすごく問いたださなければならぬことだと思います。それで、循環型社会、持続型社会を作るということを、結局今日奥脇先生が言われていたように、消費者と自

治体と指定事業者っていうような3つの札をあげられたんですが、中でも企業は努力を始めている。自分のところで作ったプラスチックとか繊維製品とかそういったものは自分のところへ戻してくださいと、私の方で責任もってやりますという企業は増えているわけです。しかし、そういったものがみんなコスト優先の既存の社会システムでぶちこわされちゃっている。例えば集まらない、全部中国へ売ってしまう。そういったことで全部ぶちこわされちゃっているんですね。そういうことについて基本的なシステムをつくる、鈴木先生に高齢化社会へ向かっている状況を含めて、どのように循環型社会への転換を進めていくかについて、ちょっとお考えをお聞きしたいです。

【鈴木 嘉彦】

ついこの3月に出版された、私の書いた本、「循環型社会の作り方」という御影出版から出ている本なんですけれども、そのなかで詳しい話をしていますが、今回山梨大学の工学部で掲げた『未来世代を思いやる』教育というのは、まさに今指摘されたような問題を、どういうふうに技術者を育てる段階で教えていくか？という風に考えております。

私自身は、今の質問に一番的確に答えるとする、私18年この問題やり始めて経つんですけど、今の市場は物を売り買いする仕組みになっているんですね。そうではなくて、すべての物質、製品をレンタルする仕組みに変えるということが、今のご質問に対しては一番的確な回答だろうと思います。つまり物を売り買いする、所有権を移すのではなくて、元々作った人に所有権を残し

ておく。その製品が戻ってくると、ただし1年とか5年とか10年とか、物によって違いますけれど、必ず本人に戻りますよという仕組みに市場のメカニズムを変えていくという考えですね。これが、今のメカニズムは簡単に変えられないといっても、そういう方向が一つの対処です。

もう一つは、大事なことなんです、自己準拠した生き方を教える。自己準拠したというのは、自分が何のために生きているのか？ということ、自分自身は一人の人間としてどう生きたいのか？生きるのか？そのことと日々やっている行動ですね。これがいつも整合できるような生き方。これがまあ自己準拠した生き方と言うんですけれども、それも大切だということを残念ながら大学教育はまだやれていないと、そういうところをやっばりやる教育に変えていかなきゃいけないと思います、それを私自身は目指しております。工学部山梨大学でも実践できるかどうかわかりませんがフォームなしで変わろうとしているということだけはお伝えしておきたいと思います。

【奥脇 昭嗣】

鈴木先生、ありがとうございます。

最終的には大きな議論になりましたが、このセミナーを通じて廃棄プラスチックのリサイクルを取り巻く現在の状況を皆さんが認識し、少しでも考えていただける機会になれば幸いです。講演、総合討論と長い時間でしたが参加していただいて、ありがとうございました。

山梨県環境科学研究所国際セミナー2006 実行委員会設置要綱

(名称)

この会は、山梨県環境科学研究所国際セミナー2006 実行委員会(以下、委員会という。)と称する。

(目的)

委員会は、山梨県環境科学研究所国際セミナー2006(以下、国際セミナーという。)の開催に必要な準備等を行い、円滑な運営に資することを目的とする。

(事業)

委員会は、前条の目的を達成するため次の事業を行う。

国際セミナーの準備、開催及び運営に関すること。

その他、前条の目的を達成するために必要な事項に関すること。

(組織)

委員会は、委員若干名で構成する。

2 委員は、山梨県環境科学研究所長が委嘱する。

(役員の職務)

委員長は、委員会を代表し、会務を統括する。

2 副委員長は、委員長を補佐し、委員長に事故あるときは、あらかじめ委員長が定めた順序によりその職務を代理する。

(会議)

第6条 委員会の会議は、委員長が召集して議長となる。

(事務局)

第7条 委員会の事務を処理するため、山梨県環境科学研究所内に事務所を置く。

2 事務局に事務局長及び若干名の事務局員を置く。

3 事務局長及び事務局員は、委員長が任命する。

(経費)

第8条 委員会の経費は、補助金、負担金及びその他の収入をもって充てる。

(財務処理)

第9条 委員会の会計に関し必要な事項は、委員長が別に定めるもののほか、山梨県の財務に関する諸規定の例による。

(その他)

第10条 この要綱の定めるもののほか委員会の運営に必要な事項は、委員長が別に定める。

附則

この要綱は、平成18年 5月 1日から施行する。

実行委員会委員

委員長：

小俣一彦 山梨県環境科学研究所 副所長

副委員長：

本郷哲郎 山梨県環境科学研究所 主幹研究員

委員：

奥脇昭嗣 山梨県環境科学研究所 客員研究員
佐野慶一郎 静岡県立大学 助教授

事務局長：

杉山圭二 山梨県環境科学研究所 課長

事務局員：

森智和 山梨県環境科学研究所 非常勤嘱託
齊藤奈々子 山梨県環境科学研究所 非常勤嘱託

C-01-2007

The current situation and future prospects of plastics waste recycling
·The effect of plastic waste recycling in a Recycling-Oriented Society·

プラスチック・リサイクルの現状と未来 報告書

2007年3月 発行

山梨県環境科学研究所

国際セミナー2006 実行委員会

日時：2006年8月27日（日） 13:00～17:00

会場：山梨県環境科学研究所 本館ホール

主催：山梨県環境科学研究所

後援：山梨県市長会，山梨県町村会，山梨大学，静岡県立大学

プラスチック化学リサイクル研究会

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1

電話 0555-73-6211 FAX 0555-72-6204

<http://www.yies.pref.yamanashi.jp/>

印刷 株式会社 少 國民社



