特集・廃棄物処理・処分の現状と課題

リサイクル社会の課題

浮田 正夫*

1. はじめに

環境基本法（平成5年11月公布）に定める環境基本計画が「循環」、「共生」、「参加」、「国際」の4つのキーワードを掲げて以来、社会におけるリサイクルに対する関心はますます高くなり、「地球にやさしい」、「循環型社会」、「ゼロエミッション」、「環境共生」、「エコロジカル」、「グリーン」など心地よい言葉が氾濫している。

その一方で、土地バブルの崩壊、金融不安による経済不況は消費の低迷、失業率の増大をもたらし、人々の最大の関心事となっている。地球環境問題から考えて、ライフスタイルの変更、価値観の転換の必要性が叫ばれる一方で、相変わらず、減税や公共事業対策、商品券の配布等による消費拡大が最大の政策課題となっている。

このような状況を考えれば、21世紀における循環社会の実現はそれほど簡単ではないことが容易に理解されるが、本稿ではリサイクル社会への変革に向けての現状の問題点とこれからの課題について著者の考えるところを述べ、ご参考に供したい。

2. 自然生態系に学ぶ

自然生態系は永年の進化の過程で到達された完全リサイクルシステムである。図-1に示すように生産者は独立栄養生物といわれる植物等であり、従属栄養生物といわれる動物や細菌等の微生物は分解再生者である。生産と分解再生がバランスしており、かつそのためのエネルギーはすべて太陽エネルギーによって賄われている。

図-1 自然生態系の循環システム

ひるがえって我々の社会はほとんど生産一辺倒の社会であり、生産者と分解再生者の構成割合を比較すると、まったく比較にならないほど、生産者に偏った社会である。現在のごみ問題も、化学物質による環境ホルモンの問題も同根の問題である。我々が目先の利便だけを考えて、後始末を考えず、モノを作りっぱなしにしてきたツケが回ってきていると考えることができる。やっと我々人間にも影響が及んでいることが認識されたしたが、他の生物達にはすでに多大な迷惑を与えてきている。高度文明の象徴である快適な高層ビルもいずれはやっかいな廃棄物になる。

この辺りで、リサイクル社会の手本として、自然生態系の仕組みに習って一度反省してみてもどうだろうか。まず、生産に携わる人と、分解再生に携わる人のバランスを取ることが大切であり、そのために生産産業（動脈産業）に匹敵する分解再生産業（静脈産業）を振興していく必要がある。

現在のごみ問題解決のためには、このような生産

* 山口大学工学部社会建設工学科環境共生工学専攻
Masao UKITA

社会の産業構造のリストラが不可欠である。そしてリサイクルしておりさえすればいいということではなく、それができるだけ省エネルギーで実現されなければならないという難しさがある。

3. リサイクルの主体—誰がやるのか—

わが国においては、廃棄物は一般廃棄物と産業廃棄物に大別されており、前者は市町村の固有の業務として、後者は事業者責任で処理する仕組みになっている。量的には表1に示すように、産業廃棄物の方が一般廃棄物よりも、発生量、処分量ともに10倍前後のウェイトがある。また、産業廃棄物は民間の処理にまかされてきたために、これまでに市民の信用をなくす事件も多く、全国的に産業廃棄物処理・処分事業に対する深刻な反対運動が起きている。しかし、産業廃棄物は建設廃棄物は例外として、製品を作る過程のロス分であり、一般廃棄物は工夫を凝らして作られる製品そのものである。いかなる製品も一定期間を経て、すべて一般廃棄物になるのである。そしてその性状は使用の利便性を最大限に追求し、廃棄後のことを考慮せず、処理しにくいあらゆるものを含んだものになっている。

一般廃棄物は市町村の多くの職員あるいは委託業者の従業員が処理業務に携わっており、産業廃棄物に比較すると、まだ市民の信用を保ってきている状況がある。一昔前と比べると、廃棄物処理法の大改正（平成3年10月公布）後は、一般廃棄物処理の内容は大きく様変わりしている。それまでの単なる収集・焼却・埋立から、リサイクルの位置づけがどんどん大きくなってきており、分別数も増えつつある。しかし、現状ではなおごみの分別は5～8分類の程度であって、完全リサイクルとはほど遠い現状にある（表2）。分別を細かくして、リサイクル率を上げれば上げるほど、当然ごみ処理の費用は増大し（図一2）、一般廃棄物のリサイクルを、これまでどおりの市町村の固有業務として位置づけるには、いくら市民のボランティア協力を得たと

表1 山口県における廃棄物の発生、排出、最終処分量

	発生量 (万トン)	排出量 (万トン)	最終処分量 (万トン)	1人1日あたり(kg/人/日)		
	発生量	排出量	最終処分量	発生量	排出量	最終処分量
産業廃棄物	914	799	126	16	14	2.2
一般廃棄物	66	62	19	1.2	1.1	0.33
産廃／一般				14	13	6.8

しても、経済効率の面からも限界がある。

現在、容器包装リサイクル法（平成7年6月公布）が順次施行され、家電製品リサイクル法（平成10年5月）が成立し、3年後には施行される。可燃ごみではペットボトルや発泡スチロールトレイが市町村によるマテリアルリサイクルの境界点として議論され、不燃ごみの代表としてテレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機の家電製品4品目がリサイクルの対象として予定されている。家電製品の場合は、容器包装と異なり、流通業やメーカーにより直接的な再資源化の役割を義務づけていることは注目される。

家電製品のリサイクルについて、家電製品協会が考えているリサイクルシステムと、従来の処理システムのライフサイクルエネルギー（LCE）の試算結果は興味深いものである（喜多1998）。すなわち家電製品1トンの廃棄リサイクルにまつわるLCEを比較すると、冷媒フロンのみ回収する単純埋立型で

表2 山口県56団体における分別収集状況

（平成9年山口県調べ）

品目数	2	3	4	5	6	7	8	9	10以上
団対数	2	2	9	11	9	13	2	3	5

図一2 ごみ処理経費の増大

は25 G J、冷媒フロンおよび鉄資源のみ回収するシュレッター型では19 G J、冷媒フロン、断熱フロン、鉄、銅、アルミ、ガラスを回収する一貫処理型で9 G Jである。再生材料とバージン材料の生産に要するエネルギー消費の差によるようであるが、エネルギー消費の面から考えれば、家電製品についてはかなり徹底したリサイクルを進めるべきであることを示している。ただしリサイクルの程度を高めれば高めるほど、その費用は高くなるのは当然である。いずれにしても最終的には消費者がその費用を負担することを覚悟する必要がある。

今日我々が生産している数多くの製品すべてを対象として、リサイクルを考えると、どこまできめ細かく分別するか、誰がやるか、その仕組みは、その効率は、費用負担の原則は、など多くの難しい課題が山積している状態である。いずれにしても、完全マテリアルリサイクルを目指すためには、とても市町村の手に負えるようなものではなく、民間産業の本格的な参入が必然性をもつことは確かであろう。

4. マテリアルリサイクルとサーマルリサイクル

さて、リサイクルにはいくつかのタイプがあり、たとえばプラスチックの場合、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルという3種類のタイプがある。マテリアルリサイクルの場合も、一般には不純物が混ざるため、完全に元の

原料に戻ることは難しく、少しずつ品質の落ちるカスケード型の再利用となることが一般である。現在、社会の趨勢として、マテリアルリサイクルは経済性の合う程度にほどほどにして、あとはせいぜいケミカルリサイクル、あるいは熱エネルギーとして利用するサーマルリサイクルを行う。不燃物の場合も同様に、経済性に見合う程度に金属資源等を回収したあと、焼却・減容後、埋め立てたり、灰として残る部分を溶融して、建材等に再利用するという、図一3に示すようなシステムが志向されている。

そしてこのようなプロセスについては、従来の市町村の技術レベルでは対応困難で、また、表3に示すような発電所、セメント工業、鉄鋼業、化学工業などと連携した新技術が必要となり、ここでも民間の参入が不可欠となってくる。

しかし、これらのシステムについても、それぞれのプロセスからの排ガスや排水について十分な安全性チェックが必要であるし、最終的な不純物として発生する溶融スラグは本当に安全に建材として管理できるのか疑問なしとしない。

さらに気になる点として、このようなシステムでは、残念ながら、大量生産消費の基本構造は変わらず、また静脈産業として大した仕事の創生につながらないことがある。もっと手間がかかる、きめ細かいマテリアルリサイクルを実行して、初めて生産過程に匹敵する雇用を創出することができるわけで、抜本的な産業のリストラは実現できない。

図一3 現在志向されているサーマルリサイクル、溶融のごみ処理方式

表3 検討中のサーマルリサイクル技術例

技 術	技術内容・再生用途・課題等
スーパーごみ発電	可燃ごみを対象に燃料を併用して発電効率20～30％とし、灰は溶融し路盤材等利用、埋立またはエコセメントとして魚礁等無筋コンクリート利用。
RDF	可燃ごみを対象に石灰添加、乾燥、形成して、保管運搬を容易にし、発電所等の燃料に使用。灰処分は別途に必要で利用先が限られる。
SWM	廃プラあるいは可燃ごみを対象に330℃、140気圧で炭化の手の前の状態とし、50％含水のサスペンションとしてアンモニア合成原料に利用。
油 化	廃プラを対象として、350～500℃、微圧で BTX 等に油化する。 PETE 含有は問題、PVC も好ましくない。
高炉還元	廃プラを対象として、微粉炭の代替として、1000～2000℃で反応。 DXN は0.1ng/m ³ 以下、Cl は0.1～0.5％以下、Br は0.2％以下が条件。
セメント原燃料	廃プラを対象として、フラフ状または粒状でキルンへ吹き込み、1000～1600℃で反応。微粉炭の20～30％代替可。DXN は0.1ng/m ³ 以下、Cl は0.1～1％以下、Br は0.2％以下が条件。メラミン、ウレタンフォームは不可。
ガス化溶融	廃プラを対象として、500～600℃、5～20気圧と1350℃、5～20気圧の2段で反応。PVC も可。生成ガスはアンモニア合成原料として利用。

しかし現状で、多くの有用な資源が無駄に燃やされ、単に温室ガスや有害ガスの増加に寄与しているだけの状況をとにかく打破するためには、当面過渡的にサーマルリサイクルも活用していくことが重要である。古紙のリサイクルを見ればわかるように、マテリアルリサイクルのバイパスとして、サーマルリサイクルのオプションを持つておくことは、古紙市場の調整のためにも必要である。

将来的には完全マテリアルリサイクルを志向しつつ、できるだけ速やかにサーマルリサイクルのシステムを整備する必要があると考えられる。

5. 逆ルート回収、逆工場

もう一つの点は、逆ルート回収、逆工場（インバースマニュファクチャリング）の合理性があるのか

という問題である。自然生態系では生産者と、分解者は全く別の主体によって行われている。必ずしも逆回収、逆工場が実践されているわけではない。しかし、自然の生産物は分解可能な有機物がほとんどであり、我々人間のように種々雑多な、難分解のやっかいなモノを作っていない。これだけ多様な製品を分別し再生するには、自然生態系とはまた別の仕組みが必要であることも十分理解できる。

生産者と分解再生者が別々であれば、分解再生者の苦労や痛みが生産者には分らず、生産者は強い規制がない限り、従来通り製品の利便性のみ追求し、分解再生しにくいモノを作り続ける可能性がある。谷（1995）は、できるだけ図－4のコメットサイクル上流側でのリサイクルを志向すべきであり、サーマルリサイクルは最後のオプションであるとしてい

図－4 コメットサイクルによるリサイクルの概念 (谷, 1995)

図一五 コメットサイクルによる逆ルートリサイクルの概念 (谷, 1995)

る。この図を若干リフォームした図一五に示すように、生産過程と分解再生過程の担い手が同じ人、同じ事業者であってもいいわけである。おそらくこのような逆ルートリサイクルをできるだけ進めていく方向で、今後のリサイクル対策を考えていくことが合理的であると考えられる。

6. 行政のリーダーシップ

社会のリストラには大きな困難が伴う。これを打開するためには、行政の強力なリーダーシップが不可欠である。行政自らをスリムにするという困難な課題のほかに、たとえば「マテリアルリサイクルを目標として義務づける」、「リサイクル上問題のある製品の生産を禁止する」、「経済規模が縮小すれば給料を下げて国民全体で痛みを分かち合う」、「価値観の変革を可能にする教育を実施する」、などなど市民や経済界から必ずしも喜ばれない施策を打っていく必要がある。すべて、行政の決断にかかっているのである。図一六は、科学・技術や宗教・倫理・芸術の担い手がそれぞれ左脳、右脳思考のバランスをとりつつ、社会の運営に参画していくことが重要であることを示している。

市民がしかるべき政治家を選び、政治家が行政をリードし、行政がリーダーシップを発揮して徐々に社会のリストラを行うという循環がいま強く求められているのである。

7. おわりに

著者らはかつて、紙の生態学的適正価格というも

図一六 経済と環境の調和における感性と知性の役割分担

のを計算したことがある。当時は、バージン紙が高くなれば当然古紙の回収は活発になるという程度で、どこまでリサイクルをするべきかというところまでは考えなかったが、ともあれ生態系に迷惑をかけないように、環境に負担をかけないように、紙を生産し、消費し、廃棄した場合、紙の値段は現行の2～3倍になるという結果であった(城田1995)。また、市民アンケートによって聞いた値段と消費量の関係は、表4に示すように、たとえ値段が2倍になっても、消費量は半減することはない。すなわち紙の消費量は半減しても、出荷額が低下することはないことが示唆された。

リサイクルを究極までやるとして、極限まで合理化されている生産過程と同様に、逆ルートの分解再

表4 価格上昇による消費量の変化

品 目	価格の上昇率		
	1.5倍	2倍	3倍
ティッシュペーパー	86	72	58
シャンプー	95	87	78
電 気	90	78	68
水道水	90	87	71

(平成5年度 宇部・山口・下関の市民857名のアンケート結果)

生過程が合理化されれば、モノの値段は2倍になるというラフな仮定も成り立つかもしれない。モノの値段が2倍になり、消費量が2分の1になったとしても、経済規模は変わらない。生産の仕事は半分になるが、分解再生の仕事が同量増え、仕事量も変わらない。耐久消費財の場合、消費者はモノを2倍大事に使う、すなわち2倍長持ちさせて使えば、値段が2倍になっても良い。

このような総論は聞き飽きた。今求められるのは

現実的なアクションプランであるという意見も多い。たしかに我々研究者も困難ではあるがそのような期待に応える仕事をすべきであると責任を感じるが、同時に社会はどこまで問題の本質を理解しているか、まだ心許ない面もある。

不要になった布団をRDFにして燃料として利用し、これでまた心おきなく新しい布団を買えますというような奇妙なリサイクルではなく、自然に対してマナーの良い、本当の意味でのリサイクル社会が1日もはやく実現するように祈りたいものである。

参 考 文 献

- 1) 長井 寿編著：金属の資源・精錬・リサイクル，化学工業日報社（1996）
- 2) 喜多 修：家電リサイクルの現状と今後の展望，先端技術セミナー「ゼロエミッションをめざしたリサイクル社会の実現」，化学工学会中国・四国地区連合会，講演予稿集，8-14（1998）
- 3) 城田久岳，浮田正夫，中西 弘：紙の生態学的価格に関する研究，土木学会論文集 No.521/II-32,163-172（1995）

自然環境の復元をめざして 地下水・土壌汚染の現状と対策

（社）日本水環境学会関西支部 編 291頁 定価3,000円（本体2,913円）送料350円

—主な内容—

- 1.有機塩素化合物による地下水汚染対策の推移
- 2.地下水・土壌汚染対策と保全に関する最近の行政の取り組み
- 3.有機塩素化合物による地下水・土壌汚染の実態(地下水汚染の現状/土壌汚染の調査/汚染物質の挙動の把握)
- 4.有機塩素化合物の浄化対策(微生物処理/物理化学的処理)
- 5.有機塩素化合物と浄化分解生成物の生体影響

参考資料—地下水汚染および土壌汚染に係わる環境基準など—

【申込先】環境技術研究協会 〒530-0043 大阪市北区天満2丁目1番20号(天満松茂ビル)

TEL 06(6357)7611 FAX 06(6357)7612