

# 廃棄物処理に関する環境工学的考察(II)

— 廃棄物の最小化 —

井上 節子

## はじめに

最近、地球環境の保全が全世界的に叫ばれている。廃棄物の削減が、地球環境保全のため、省資源のため、大変重要なことである。

先に<sup>1)</sup>廃棄物の発生、廃棄物の処理、廃棄物の有効利用について、その現況を調べてきたが、今回は廃棄物の最小化を中心に、発生源の削減、リサイクル(物質循環)、廃棄物の処理について、順次考え、そのことから廃棄物問題についての知見を得ることを目的としたものである。

## 1) 発生源の削減

図1のように生産—廃棄循環システムの中で、発生源の削減を、消費生活、生産システムの両方で考えていく必要がある。

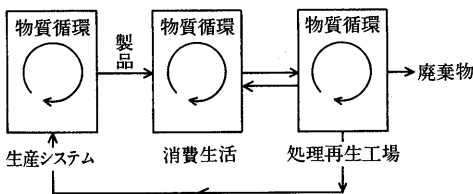


図1 生産—廃棄循環システム

消費生活において、物の節約は当然のことであるが、スイスにおいて、廃棄物テレホンで、環境を意識して買物をする、買った物は、かならずごみになる、過剰包装はさけるなど、節約を徹底して社会に訴える例などがある。

生産システムでは、物の組成の変更、発生源の管理、制度の制定に分けてそれぞれ考えてみる。

物の組成変更では、材料の純化、新材料の開発、毒性の少ない材料の使用、腐食性の少ない材料を使うなどの変更を考える。リサイクルできる自動車の開発や、すべての部品の取りはずしのできる自動車の開発が、アメリカにおいて進んでいる。

発生源の管理について、手順や技術の変更、生産過程におけるプロセスの変更、機器の改善などによって、すこしも廃棄物を出さない生産システムを考える。

制度の制定については、汚染の戸締り法がある。日本ではこの点が非常にルーズで、汚染の責任の追求が不明確である。日本の産業は、動脈産業だけで、静脈産業が少なく、その結果として公害を生んでいると言われる。現代の日本の好経済は、廃棄物の処理に規制がゆるく、お金がかからなかった結果とも言われている。廃棄物を出さないために、いくつかの法を制定しないと、問題の解決にならないようである。

アメリカではEPA(米環境保護局)がスーパーファンド法の制定(1980年)をした。国内の不法投棄、不適切な埋立てによる汚染地の有害物質を処理すると言うもので、5年間に16億ドルを使い、産業界は85%負担と言う法律である。この法律のように、法の制定によって、廃棄物の発生を削減、管理することが必要である。又、OAT(米技術評可局)では、1985年にアメリカは、700億ドルを廃棄物処理に使用。そのほとんどが周囲に廃棄物を移動させただけだった。これからは発生源の削減に焦点をあわせると報告している。<sup>2)</sup>

廃棄物を出してしまってから、どんなにお金をかけても問題の解決はむずかしくなる。この意味で廃棄規格の実践がなされることは、大事なことである。

## 2) リサイクル (物質循環)

資源と環境を救うため、物質循環を考える必要がある。私達は自然循環にのる物、生ゴミなどは土に還し、紙などリサイクルできる物は、リサイクルして使用すべきである。プラスチックなど、土に還らない物は、埋立て処理せず、リサイクルを考え、生産システムとの循環で処理すべきである。物質循環にのらない物は、保有、処理、再生工場を考える。この工場は、公害問題のない、生産システムに循環させるための工場である。日本、アメリカで、年々多くなっている、廃プラスチックを中心に、そのリサイクルを考えてみる。

### 1. プラスチック

我国では、石油化学製品生産技術の進歩にともなって、プラスチックの使用量が急激に多くなり、同時に、廃棄物量も多くなっている。表1<sup>3)</sup>に(社)プラスチック処理促進協会が推定した、プラスチックの生産量と排出量を示した。排出量の内訳では、一般廃棄物の方が多く、56%を示している。粗大ゴミを除いた家庭ゴミの総量と比較すると、平均して

7.0Wt%の廃プラスチックが混入されていることになる。

最近、アメリカでも廃プラスチックの消費が多くなっている。都市ゴミの中に占める、プラスチックの割合の推移は、1970年で2.7%、1984年7.2%、2000年では、9.8%になるであろうと予想している。<sup>4)</sup>

廃プラスチックのほとんどが包装で、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、ポリビニールクロライド(PVC)、ポリエチレンテレフタレート(PET)で94%を示している。一般廃棄物の中のプラスチックゴミは、種類が混在し、食品残さいや、他の素材との複合品も多く、衛生的なことも考え、焼却処理・埋立て処理されているのが現状である。産業廃棄物においては、通産省の資料によると、資源化率は廃棄物の26.5%(1987年)である。その他は資源化されず、焼却・埋立て処理されている。産業系の廃プラスチックは、汚れや、異物の混入が少ないので、再生利用に適しているが、家庭内の廃プラスチックは、再生に困難が多いようである。

アメリカは、廃プラスチックの処理は、埋立て76%、リサイクル1%、焼却3%、その他(1987年)であるが、200年には埋立て37%、リサイクル42%、焼却3%、その他になると予想している。廃プラスチックのリサイクルに、政府は非常に力をいれている。<sup>4)</sup>

表1 プラスチックの生産量と排出量 (単位:1,000t/Y)

年	生産量	廃プラ対象量	排出量合計	一般廃棄物(%)		産業系廃棄物(%)	
1980	7,518	5,523	3,258	1,784	55	1,474	45
1981	7,038	5,179	3,490	1,974	57	1,516	43
1982	7,135	5,343	3,538	2,025	57	1,513	43
1983	7,812	5,790	3,685	2,148	58	1,537	42
1984	8,914	6,627	3,988	2,171	54	1,817	46
1985	9,232	6,994	4,188	2,317	55	1,871	45
1986	9,374	7,296	4,528	2,502	55	2,026	45
1987	10,032	7,916	4,656	2,604	56	2,052	44
1988	11,016						

(社)プラスチック処理促進協会推計

表2 プラスチックの処理体制(1982年2月) (単位:1,000t/年)

収集形態 処理形態	プラスチック ごみとし て収集	混合ご みとし て収集	可燃ご みとし て収集	不燃・不 適ごみと して収集	可燃ごみ不 燃ごみの双 方で収集	その他	計
焼却処理	12	158	1,222	53	178	7	1,630
埋立処分	22	174	121	1,032	114	12	1,475
(選別)資源源化	9	—	2	9	—	5	25
その他	—	14	—	12	12	87	125
計	43	346	1,345	1,106	304	111	3,255

〈出所〉 プラスチックごみ対策のあり方について, 厚生省, 1982.12

表3 人口規模別のプラスチック埋立理由<sup>6)</sup>

	11大都市	50万～	30～50万	20～30万	10～20万
焼却炉の損傷防止	6	3	10	13	27
焼却の大気汚染防止	6	3	11	12	21
焼却施設がない	0	0	2	2	10
焼却灰の埋立汚染	0	1	1	0	1
処理経費が安い	0	0	1	1	4
その他	0	0	0	1	2
回答自治体数	6	4	13	15	28

プラスチックのリサイクルについて, 回収方法, 再利用技術, 市場開発の各分野での現状と研究開発について調べてみた。

回収方法については, 先述したように, プラスチックが多くの人々の手に渡っているのが, 困難が多いが, この時点で分別, 回収しておくことは, 処理, 再利用を容易にする。表2<sup>5)</sup>に厚生省の調査した, 一般廃棄プラスチックの処理体制について示した。不適は, 焼却処理が不適という意味である。廃プラスチックを分別収集している自治体は1.3%で, その他は可燃ごみとして41.3%, 不燃, 不適ゴミ扱いが34.0%, 混合ゴミとして10.6%となっている。分別収集する割合が少ないのは, 処理する側の体制が完全でない事に問題がある。表3<sup>6)</sup>に人口規模別の各自治体の, プラスチックを埋立て処理している理由というのが示してある。その理由にはほとんどの自治体が, 「焼却炉の損傷防止」と「焼却施設における大気汚染防止」をあげている。焼却処理したとき, プラスチックは発熱量が高いた

め, 炉の損傷を伴うことや, 塩化水素などの有害ガスの発生を伴うということである。専用の施設も建設されているが, 建設費が多額で, なかなか困難である。

一般大衆も, 環境問題・エネルギー節約は無視できないようになってきている。回収・処理の事業計画には, 市民を入れた形の計画を考えなくてはならない。処理する自治体だけの問題としてでなく, 生産者が買い戻す, 買い戻しなしの回収, 強制して回収する方法も考えてみるべきである。

アメリカでは, 廃棄プラスチックの回収率は, 1%<sup>4)</sup>と低く, 図2<sup>4)</sup>のように, 米国各層の廃プラスチックのリサイクルに対する関心度は, アルミニウム, 紙やガラスなどと比較して小さい。環境汚染のイメージとしても低くなっている。この図は1975年の統計で, 最近のアメリカの文献をみると, 関心度が高くなっていることが, うかがわれる。

又, ミルクボトル, PETボトルの回収, 再生は, 消費量のうち10%が回収処理されて

### Plastics not seen as recyclable

% of respondents who say material is recyclable

	Soild Waste Officials	Enviromental Editors	Community Leaders
Aluminum	100	96	94
Paper	96	100	92
Glass	92	92	87
Steel	88	88	79
Plastic	33	50	32

### Plastics can't shake environmental image

% of respondents who think plastics are harmful to environment

(1986)

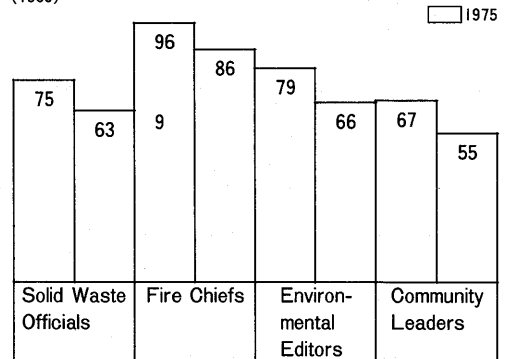


図2 プラスチックに対して米国各層がもつイメージ

いる。日本と違うのは、再生加工業者に、すべてをまかすのではなく、大企業が、収集システムの開発やら、再生、回収技術に強い関心を持っている点である。又、再生事業のけいもう活動を行ない、回収業者を、援助しようという姿勢が多くみられる。州、都市が包装資材に対する規制をする中で、プラスチックを識別するコードを付記する規制も、州に

よってある。メーカーが、販売店に販売するとき、処理費として、一セント支払い、消費者から販売店は、空のボトルを買取るなど、回収にメーカーの責任を与えているなど、日本と違っている。

世界のトップを行くと言われている。我国の再生プラスチック加工の現状をみてみると、図3<sup>7)</sup>のような行程で、なされている。再生

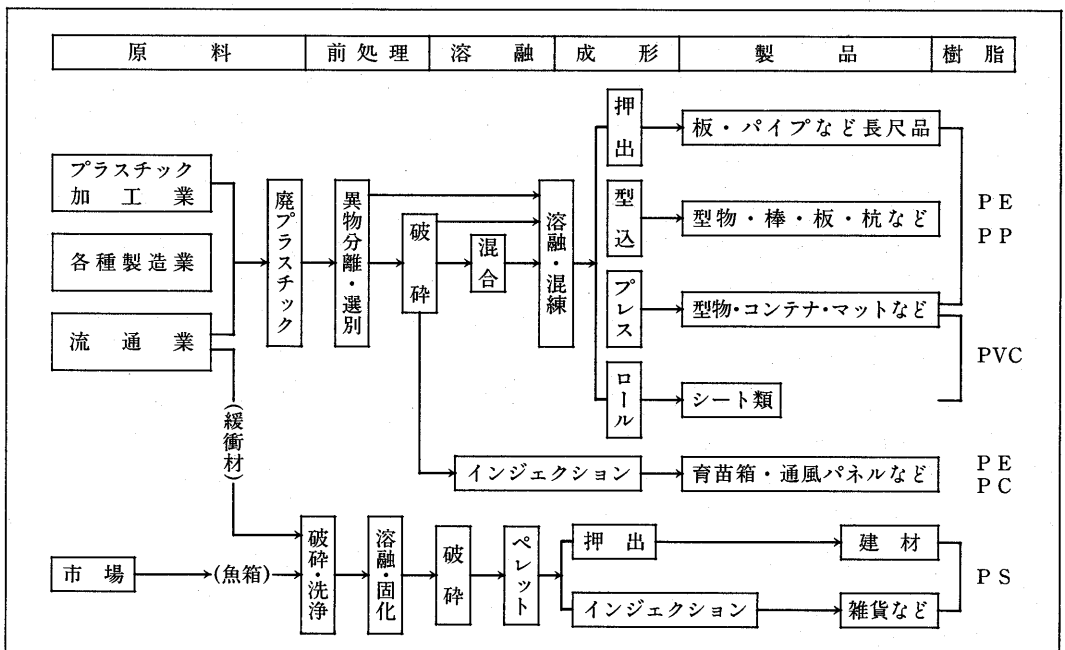


図3 プラスチックの再生加工工程

表4 再生プラスチック材料の生産量 (単位: t)

1980年	71,557
1981	81,144
1982	79,893
1983	89,788
1984	100,049
1985	91,320
1986	90,709
1987	90,598
1988	93,788

(注) 40人以上の事業所を対象プラスチック製品統計による

プラスチック材料の生産量は、表4<sup>3)</sup>のようで、93,788 t (1988年)の生産量がある。この生産をする加工業者は、中小零細が多く、約100社くらいで、平均100tくらいの処理をしている。<sup>8)</sup>

廃プラスチックの種類は、PE, PP, PSの順で、形状別では、フィルム破砕品が多い。再生する製品については、ペレット、杭、板、角材が多く、その他家庭製品の製造も行なわれている。

再生利用技術に関する研究は、最近('85~'88)世界的にも多く見られる。たとえば、アメリカのInternational Plastic Recycle社のX線工業用フィルムの再生<sup>9)</sup>プラスチックスクラップからPVCコーティングを除去する技術<sup>9)</sup>、そのまま微粉碎して、新ポリマー混合し、低温プレス成形して器物を作る、<sup>10)</sup>前処理において、微粉碎と熔融法とでコストを比較して、利益分析をおこなった例もある。<sup>11)</sup>また、電話ケーブルなどの廃プラスチックを、LLDPE(低密度ポリエチレン)、HDPE(高密度ポリエチレン)を70%:30%で混合

して再生品を作ったり、<sup>12)</sup>西ベルリン工科大学では、熱可塑性プラスチック(PVC, PE, PS)などを高分子と混合して、さらに鋼鉄などを加え、軽量梁材を作る研究を進めている。<sup>13)</sup>

比較的低温の熔融塩中でプラスチックの熱分解を行うと、ガスの生成を抑制することができる。さらに分解速度を調整すると、液状固体生成物(軽油、芳香族化合物、パラフィン成分、モノマーなど)を得ることができる。<sup>14)</sup>

自動車のスクラップや飲み捨てのPETボトルから、清浄なプラスチックペレットに転換させるパイロットプラントの紹介などがある。<sup>15)</sup>

## 2. 古紙

日本の製紙産業は原料であるパルプの生産では、半量近く古紙を利用しており、古紙の回収と利用の面では進んでいる。表5<sup>16)</sup>のように、古紙利用率は47%である。木材の豊富なカナダ、スウェーデン、ソ連、北米で古紙利用率は低くなっているが、資源の有効利用という世界傾向からすると、古紙の利用は大切なことである。日本の古紙回収率は、多量に生産されている段ボールが75%、新聞紙にいたっては90%と、いずれも高い水準になっている。日本だけでなく、アジアの古紙使用量が多くなってきているという報告もある。<sup>17)</sup>アメリカにおいても1970~2000年における、

表5 世界主要国の紙の生産消費及び古紙利用(1982年)

	米 国	日 本	カナダ	ソ 連	西 独	スウェーデン	中 国	フ ラ ンス	イ 英 国	世界合計
紙・板紙の生産量	万t 5413	1745	1240	908	778	593	589	513	668	万t 18,000
1人当たりの消費量	kg 250	146	176	33	152	202	6	117	119	37kg/人
古紙利用率	% 25	47	9	17	42	10	15	38	59	$\frac{5,000}{18,000} = 28\%$

紙パルプ技術タイムス 60年臨時増刊他

表6 古紙の種類と回収サイクル

分類No.	品 種	発生箇所及び紙品目	印刷	不純物	価 格 円/K	パルプ組成		古紙消費量(58年)			再生工程			再生後の主な用途
						化学パルプ BKP% 100	機械パルプ % —	消費量 万t 12.9 (1.4%)	消費区分 紙 万t 3.4	消費区分 板紙 9.5	離解	脱インク	漂白	
1	上白及びカード	製本・印刷所、未印刷上質紙	薄地	—	80	—	—	紙	—	○	—	—	家庭紙(トイレットペーパー)	
		会社・官庁、電算機カード	罫線	—	85	100	—	板紙	9.5	○	—	—	白板・白ライナー上層	
2	特白・中白 白マニラ	製本・印刷所 未印刷中質紙	罫線	—	70	40~60	60~40	紙	1.0	○	—	—	中質印刷紙	
		紙器工場 未印刷マニラボール	—	—	75	70~90	30~10	板紙	4.8	○	—	—	白板・白ライナー上層, 白下	
3	横造 色上(アート)	製本・印刷所 墨印刷上質紙	△	糸、のり	45~50	100	—	紙	81.5	○	○	○	家庭紙・中上質紙	
		会社・製本所 多色刷上質紙	○	ゴム増料	29	100	—	板紙	11.7	○	○	○	白板の上層	
4	切付 中更反古	製本・印刷所 多色刷中質紙	○	のり ゴム 金属	30~35	50	50	紙	13.7	○	○	○	中上質紙・雑種紙	
		週刊紙・マニラ等混合裁落	○	—	—	—	—	板紙	6.6	○	○	○	白ボール、マニラの白下	
5	茶模造 雑袋・洋段	製袋工場 クラフト裁落	△	糸	60	100	—	紙	4.1	○	△	—	クラフト包装紙	
		回収空袋・輸入ダンボール箱	△	糸・針	35~40	50	50	板紙	16.9	○	△	—	Kライナー, jライナー表層	
6	新聞 回収	印刷損紙・売れ残り	△	—	29~30	20	80	紙	169.9	○	△	○	新聞紙, 中質印刷紙	
		家庭・会社より回収(チラシ入)	○	ゴム	25	30	70	板紙	76.9	○	—	—	各種板紙の中下層	
7	雑誌 回収	印刷所・書店より回収一品もの	○	ビニール 糸・針	25	25	75	紙	1.4	○	△	—	新聞紙, 更紙(マンガ本)	
		家庭・会社より回収	○	糸・針	23	25	75	板紙	94.6	○	—	—	低級板紙の中下層	
8	新切 段ボール 古段	コルゲーター、紙器工場裁落	△	のり	29	15	85	紙	5.2	○	△	—	紙級クラフト包装紙	
		市中回収品	△	ガムテープ のり	27	15	85	板紙	378.9	○	—	—	K, jライナー, 中芯	
9	台紙地券 ボール	紙器工場 白ボール・色板紙	△	のり	23~24	10	90	紙	1.2	○	△	—	雑種紙・更紙	
		市中回収品	○	ガムテープ のり	22	10	90	板紙	45.2	○	—	—	低級板紙の中下層	
注1. 価格: 59年11月東京近郊製紙メーカー着価格(筆者推定)								合計	紙	281.5				
注2. 消費量・区分量: 58年度 古紙統計年報								926.6	板紙	645.1				
注3. 脱インク: △印は脱墨のみ								(100)						

古紙利用の推測は、1990年で31.9%くらいまでになり、急激にのびてくると言われている。その理由は、製紙工場の使用増大にあると報告されている。<sup>18)</sup>

古紙の種類とリサイクルは表6<sup>16)</sup>のようになっている。このように、古紙の再生技術は著しく進歩した。たとえば、リサイクリングをくりかえした紙は、乾燥時、繊維の表面が角質化したり、水に対する反応性が失われてきて、印刷用紙の寸法安定性などに、影響を与える。このため、再生紙の強度の開発<sup>19)</sup>脱インク、不純物除去システムなどの技術開発などが行なわれた。その結果、いろいろの種類古紙が再生できるようになった。

### 3. 乾電池

使用済乾電池の広域回収、処理計画を廃棄物処理技術開発センターが1990年3月から実

施している。水銀公害の恐ろしさを知っている国民としては、期待は大きい。タイムカプランドと言って、昭和61年3月から、水銀含有廃棄物資源実証プラントが、実際に乾電池の処理にあたっている。また、分別収集をつづけている自治体も73%もある。住友重機械工業の廃乾電池からの金属回収システムなど、回収、処理技術の開発<sup>20)</sup>も進んでいる。しかし、鉛(Pb)、Zn(亜鉛)のリサイクルは減少傾向で、アルミニウム(Al)はやや軌道にのっているようである。経済性の点からだけでは、Pb、Zn、マンガン(Mn)、Hgの回収は、採算があわないと判断せざるをえない。国内資源の枯渇、環境問題を考えると、廃乾電池の資源性は、高まると思われる。また、リチウム電池の回収についても、いくつかの報告がある。<sup>21)22)</sup>

#### 4. 廃油

廃油と総称される物の中で、燃料系廃油12%、潤滑油系廃油28%、油泥18%、廃溶剤8%、蒸留残渣21%、その他13%となっている。廃油の処理は再生処理によって再生滑潤油、糖製処理によって燃料油、焼却処理によってスチームの回収が行なわれている。<sup>23)</sup> 使用剤滑潤油のリサイクリングによる問題点は、廃油の回収が困難な点にある。日本では5%、アメリカでも4%と回収率が非常に低い。また、再生による二次公害の恐れもあるが、再生油の品質に対する要求が高い点に問題がある。

再生技術では、代表的プロセスでは、硫酸白土処理による方法、高周波処理によるイクタニプロセス<sup>24)</sup>、溶媒抽出法によるIFPプロセス<sup>25)</sup>、MZFプロセス<sup>26)</sup>、蒸留による方法のRTIプロセス<sup>27)</sup>、WORLDプロセス<sup>27)</sup>、KTIプロセス<sup>28)29)</sup>、化学処理によるPRO Pプロセス<sup>28)30)</sup>、Recyclonプロセス<sup>31)</sup>がある。溶媒抽出、蒸留、水素仕上げによる方法にはSnamprogettiプロセス<sup>28)</sup>がある。

#### 5. 触媒<sup>32)</sup>

石油精製に関する触媒は、全触媒の37%である。再生では、水素化脱硫触媒は、コーク焼却再生と脱メタル再生、接触分解触媒では、金属不動態化剤の使用や、脱メタルによって再生されている。再資源化は、水素化脱硫触媒から有用金属の回収、接触触媒からは白金の回収など、モリブデン、バナジウム、コバルト、ニッケル、白金などの回収をしている。しかし、コストの問題が大きく残っているようである。

#### 6. びんガラス

廃びんガラス破片を選別してカレットとする。カレットの利用は現在35%である。カレットを利用すると、生原料を利用したときよ

り25%の溶融エネルギーの節約が可能で、二酸化炭素の発生量の減少もある。このことから、カレットの選別システムの技術発展に期待されるものがある。

#### 7. 缶

缶の回収は、アメリカでは50%以上であり、回収している民間会社もさかんで、Continental社、Reynolds社、Coors社、Alcoa社が回収システムや装置を持って、商業ベースになっている。日本の再利用の報告は、あまり見られないが、市民レベルでのリサイクル運動はさかんである。

#### 3) 廃棄物の処理 (物質循環にのらないもの)

有効利用は、前記の回収、再利用であるが、一般廃棄物などに入っている資源は、現在再利用にそぐわない物が多い。そのため、最終物を焼却処理する。この時出る燃焼熱の利用が考えられ、実行されている。しかし、処理費用は、ばく大な額になっていて、アメリカにおいても、10年前の10倍になっていると言われる。処理にお金がかかることから商品的に処理する機関も多くなっている。このように、日本でも、アメリカでも、焼却主義、埋立て主義のゆらぎがある。清掃の行政は処理するということを考える前に、資源と環境を優先してとらえなくてはならない時にきている。もえるゴミがあっても、もやす必要のないゴミかどうかの検討が必要である。

#### <参考文献>

- 1) 井上節子・坂入和彦；“廃棄物処理に関する環境工学的考察” 文教大学女子短期大学部研究紀要, 32 [12] 12-24 ('88)
- 2) BLUESTONE, M.; “Focuses on reducing waste, Chemical Week, 139 [13] 17-19 ('86)
- 3) 飯島林蔵；“廃プラスチックの処理と資源化”

- プラスチック, 41 [3] 113—117 ('90)
- 4) 片野利治; “米国におけるプラスチック廃棄物処理の新動向” ポリマーダイジェスト, 41 [4] 2—13 ('89)
  - 5) “プラスチック処理技術” 化学技術誌, 28 [4] 34—45 ('90)
  - 6) 花嶋正孝; “廃棄物(廃プラスチック)の処理, 処分” ケミカルエンジニアリング, 35 [6] 477—480 ('90)
  - 7) 土木施工, 27 [15] 181—184 ('86)
  - 8) 山中唯義; “再評価される廃プラスチック再生利用技術” 産業と環境, 19 [1] 26—30 ('90)
  - 9) Modern Plastics International 17 [10] 109—101 ('87)
  - 10) SCHNAUSE. R; “Recycling Für Mischungen mit organischem Anteil” Plast Verab, 38 [9] 104—105 ('87)
  - 11) BUFE. F; “Recycling von PE-Folienabfällen.” Pap. Kunsist. Verarb. 21 [11] 50, 52, 54 ('86)
  - 12) STAMPER. L; “In Plant reworking of polyethylen materials” Wire J. Int. 17 [10] 46—48, 51 ('84)
  - 13) KÄUFER. H; “Active recycling of plastics” Conserb & Recycling, 10 [2/3] 153—167 ('87)
  - 14) BERTOLINI. G. E; “Value recovery from plastics waste by pyrolysis in molten salts” Conseb & Recycling, 10 [4] 331—343 ('87)
  - 15) SPAAK. A; “Use of secondary recycled plastics Heterogeneous mixtures of polymer/plastics scrap” Master Sel Perform Valve, 152—172 ('86)
  - 16) 三菱石油(株)技術資料, [65] 66—73 ('85)
  - 17) REARSON. J; “Asia accounts for consumption rise” Pulp Pap. Int. 28 [10] 45 ('86)
  - 18) Franklin Assoc.; “Trends in recovery and utilization of waste paper in recycling mills, and other users of waste paper, 1970 to 2000” TAPP 1 Pulping Conference. [1] 135—139 ('85)
  - 19) SCHWEIZER. G; “Der Einfluss des Recycling auf die Dimensions stabilität von grafischen Papieren.” Wochenblatt Für Papier Fabrikation. 112 [22] 806—808 ('84)
  - 20) 村田徳治; “安易な乾電池使用に再考を” 現代化学, 247 [10] ('91)
  - 21) WILDS. A; “The Proper disposal of waste lithium bateries.” Annu Battery Conf. Appl. Adv. 243—248 ('87)
  - 22) ZAJAC. W; “Regulatory impact on lithium transportation and disposal.” Annu. Battery. Conf. Appl. Adv. 249—255 ('87)
  - 23) 燃料及び燃焼, 53 [6] 402—408 ('86)
  - 24) 本多淳裕, 他; 用水と廃水, 14 [1] 59 ('72)
  - 25) Audibert. F; Rev. Inst. Fr. Pët, 33 [6] 935 ('78)
  - 26) U. S. P. [3] 819, 508 Jupe, 25 ('74)
  - 27) BERRY. R. I; Chem. Eng. 88 [20] 92 ('81)
  - 28) Deutsch D. J. ibid. 86 [16] 28 ('79)
  - 29) WHISMAN. M. L.; Lub. Eng. 35 [5] 249 ('79)
  - 30) LINARD. R. E.; SAE Paper 801384 ('80)
  - 31) FAUSER. F; Dechema Monogr. 86 [1] 313 ('80)
  - 32) 三菱石油(株)技術資料, [66] 63—69 ('86)