

一般廃棄物系プラスチックのフロー解析と分別回収・リサイクルの可能性

Flow Analysis and Potential of Separated Collection of Plastics in Household Waste

高倉 秀太郎^{*}), 花木 啓祐^{*})

Shutaro TAKAKURA, Keisuke HANAKI

ABSTRACT; Firstly, we analyzed and characterized approximate flow of typical resins (PE: Polyethylene, PP: Polypropylene, PS: Polystyrene, PET: Polyethylene terephthalate, PVC: Poly vinyl chloride, ABS: Acrylonitrile-butadiene-styrene resin, and AS: Acrylonitrile-styrene resin) in Japan. Packaging and containers account for a large part of the plastic use, and the most of them are collected as household wastes after use. Secondly, we also analyzed the detailed plastic flow of packaging and containers, and found that about 800,000 tons of PE(Polyethelene) film and about 500,000 tons of PS(Polystyrene) containers become household wastes a year.

KEYWORDS; Plastic Flow, Separated Collection, Recycle, Household Waste,

1. はじめに

今やプラスチック製品は日常生活の中に深く浸透し、われわれの快適な生活には欠かせないものとなっている。しかし生産・消費量が増加する一方で、ダイオキシン発生の一因と言われているポリ塩化ビニールを始めとして、プラスチックの処理の問題は大きな社会問題となっている。廃プラスチックがここまで問題になった原因としては、①使用面の拡大・成長が急速であったために、排出面におけるリサイクルや適正処理のシステムの確立が追いつけなかったこと、②プラスチックは単一樹脂の製品だけでなく、組み合わせ・複合製品も多いために回収・リサイクルの方法に混乱が生じていること等があげられる。¹⁾

最近では、家電・自動車メーカーが廃プラスチック対策に積極的に取り組み始めたり、家電リサイクル法が制定されたりと、産業系廃プラスチックの方ではリサイクルシステムの確立に向けた動きが出始めているが、一般系の廃プラスチックは回収方法や樹脂・用途の複雑さなどの問題が未解決のため、限定的な範囲で行われているに過ぎず、全体的にはいまだ試行錯誤が続いているのが現状である。

この研究では、一般廃棄物系の中でも特に排出量の多い家庭系からの容器・包装系廃プラスチックの発生源を細かく追跡することで、プラスチック廃棄物処理による環境負荷の低減を図り、一般廃棄物系プラスチックのリサイクルシステム確立に向けた可能性を探るのが目的である。

2. 日本全体のプラスチックフロー

本研究ではまず日本全国を対象に、特に需要量の多い PE(ポリエチレン)・PP(ポリプロピレン)・PS(ポリスチレン)・PVC(ポリ塩化ビニール)・PET(ポリエチレンテレフタレート)の汎用5品目と、スチレン樹脂を含む ABS(アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン樹脂)及び AS(アクリロニトリル-スチレン樹脂)について概略的なフローを解析し、日本におけるプラスチックフローの特徴を把握した。

* 東京大学大学院都市工学専攻 (Dept. of Urban Engineering, Univ. of Tokyo)

2. 1 日本におけるプラスチック樹脂別・用途別廃棄対象量

フローの入口となる日本における各プラスチックの廃棄対象量について、(社)化学経済研究所が発行している「合成樹脂需要構造調査報告書」²⁾のデータを用いた。この報告書によると、1994 年の合成樹脂総出荷量は 1163 万トンとなっているが、通産省が発行している「化学工業統計」によれば 1994 年の合成樹脂国内生産量は 1303 万トンであり、よって今回用いた調査表の捕捉率は 89%ということである。今回は汎用熱可塑性樹脂から LDPE・HDPE・PP・PS・ABS・AS・PVC の 7 種と、汎用高機能性樹脂から PET のデータのみ使用した。ここでプラスチックの需要量を推計するにあたり、今回の研究では以下のような方法をとった。

- ①容器・包装等の非耐久消費財については生産から廃棄までのタイムラグが短いことから、1994 年の調査結果をそのまま使用した。自動車・家電などの耐久消費財は生産から廃棄までが 5～10 年と長いので、前回の 1988 年の調査結果³⁾を用いた。建築土木分野は、プラスチックの使用が約 10 数年前から始まっており、まだ大量に廃棄されるに至っていない⁴⁾と考え、廃棄対象量から除いた。
- ②自動車・家電・機械等の工業製品については、生産量に対する輸入・輸出の割合が大きいことを考慮し、製品別の消費状況と生産台数⁵⁾からプラスチック樹脂別の原単位を算出し、これに(生産量)－(輸出量)⁶⁾＋(輸入量)⁶⁾の台数を乗じて国内流通量を求め、これをそのまま廃棄対象量とした。このため、メーカーにおける在庫の増減分は考えないものとした。この方法で推計した結果を自動車(二輪車含む)については表 1 に、代表的な家電製品については表 2 に示す。

表 1 自動車(二輪車含む)由来の廃棄対象量

	PE	PP	PS	ABS・AS	PVC	PET	計
機関部品	1031	5757		1360	199	109	8456
電気部品	635	4398	2429	1670	589	14	9734
電装部品	542	16658	1094	4298	10480	72	33144
車体部品	21485	103064	1946	34481	50015	4607	215598
駆動・制御部品	332	4094	34	3365	2113	2408	12347
計	24025	133970	5504	45173	63396	7211	279279

自動車におけるプラスチックの使用割合で大きいのは PP である。これは PP の耐熱性・耐候性や衝撃強さが自動車の必要とする材質として適しているためである。また、環境問題の観点からもしリサイクルしにくい熱硬化性樹脂から熱可塑性樹脂である PP や ABS への転換が進んでいる。

表 2 家電製品由来の廃棄対象量(1 万トンを超える製品のみ掲載)

	PE	PP	PS	ABS・AS	PVC	PET	計
電気掃除機		9435	2522	29600	4916	126	46599
電気洗濯機	442	25067	2904	609	1321	380	30723
電気冷蔵庫	141	7854	6797	12894	2570		30257
エアコン	590	5086	14507	7351	789	13	28335
カラーテレビ	37	7179	17379	776	774	43	26188

一方、家電製品の方では主に PP・PS・ABS・AS の使用量が多い。このことから、廃家電製品にはリサイクルしやすい PP や PS が大量に含まれていることから、これらを回収してリサイクルすることは有効であるといえる。

2. 2 日本におけるプラスチック樹脂別・用途別実廃棄量の推計

一方、フローの出口となる廃棄量の方は次のような方法により推計を行った。一般廃棄物として廃棄されるごみには 3 分類あり、可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ゴミに分けられる。今回の研究では、入手できるデータからこれらを樹脂別・用途別に分けて概算を行っている。

- ①可燃ごみ・不燃ごみに混入しているプラスチックの大部分は容器・包装に用いられたものである。現時点では統計的に解析が出来るほど多くの自治体において樹脂別のごみ質・ごみ量の調査が行われていないた

め正確な廃棄プラスチックの量を計算することは出来ないが、(社)プラスチック処理促進協会が行った都市ごみ組成分析における調査の結果⁷⁾を表3に示す。

表3 可燃・不燃ごみ組成調査⁷⁾

都市及びごみ分類	ごみ収集量(湿)	プラスチック含有量(湿)	プラスチック含有量(乾)
松戸市(H5/10/28)	539	24(4.4%)	13(2.4%)
可燃ごみ	108	59(54.6%)	48(44.8%)
不燃ごみ	647	73(11.3%)	61(8.3%)
計			
桶川市(H5/11/12)	573	35(6.0%)	19(3.3%)
可燃ごみ	61	49(80.8%)	42(69.4%)
プラごみ	277	—	17(6.0%)
その他ごみ	911	—	78(9.3%)
計			
横浜市保土ヶ谷区	615	61(9.9%)	61(7.3%)
千葉県船橋市	590	82(13.9%)	50(8.4%)

(単位:kg)

この結果と厚生省水道環境部発表の平成 6 年度実績の全国ごみ処理フローシート⁸⁾に掲載されている可燃・不燃・混合・直接搬入ごみの合計量 4644.6 万 t より、日本全国で 1 年間に排出されている一般廃棄物に含まれるプラスチックの量は 325 万 t ～420 万 t 程度と推計できる。

また、このごみ質調査において同時に各ごみの中に見られる樹脂別の割合が調査されているので、全国における樹脂別の廃棄量を試算するに当たりこのデータを検討した。

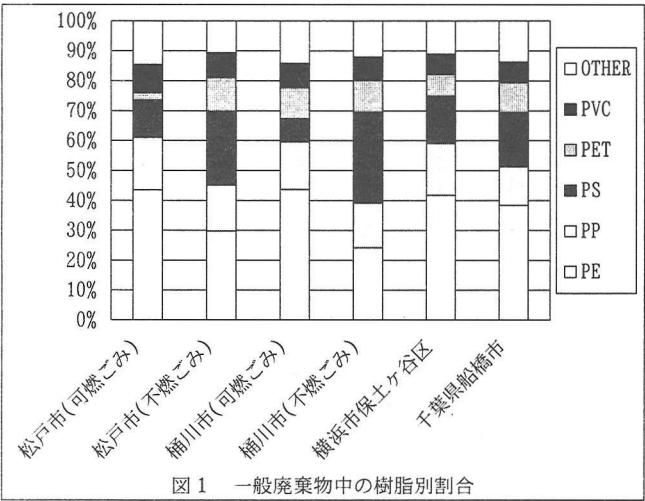


図1 一般廃棄物中の樹脂別割合

この表を見ると、可燃ごみと不燃ごみの間に、プラスチック含有量で大きな違いが見られるが、両方を合わせた都市ごみ全体で見ると、ごみ中に含まれるプラスチック類は重量比率で 7～10%程度である事が読み取れる。

今回の研究ではここで得られた都市ごみ全体におけるプラスチックの割合にこの 7～10%を用いて推計を行っている。

図1に見られるように、自治体が異なっても樹脂別の廃棄割合は非常に類似していることが分かる。可燃ごみと不燃ごみの間では PE 及び PS の排出割合が異なっているが、これは発泡スチロール(PSP)のトレーは不燃ごみ側に、逆に PE の袋は可燃ごみの側に排出される事が多いからではないかと思われる。全体的には、可燃・不燃両方を合わせた場合では、横浜市保土ヶ谷区のように PE が約 40%、PP が約 15%、PS が約 15%、PET が約 10%、PVC が約 9% といった傾向が見られる

②産業廃棄物中のプラスチックについては、(社)プラスチック処理促進協会において全国の産業処分業者(中間・最終処分)にアンケート調査した結果が「産業廃棄物処理業者における廃プラスチック類処理実態調査報告書」⁹⁾として公表されている。また、厚生省水道環境部産業廃棄物対策室から公表された平成5年度の産業廃棄物 39,686.9 万 t のうち、廃プラスチック類(合成ゴム含む)は 534.8 万 t で、その割合は 1.3%であった。¹⁰⁾次に「産業廃棄物処理業者における廃プラスチック類処理実態調査報告書」に掲載されているプラスチックの樹脂別割合を示す。

表4 廃プラスチック類の樹脂別受入割合⁹⁾

PE	PP	PS	AS・ABS	PVC	ポリエステル
11.0	7.3	6.8	3.2	10.6	4.1
その他熱可塑性	熱可塑性と推定	熱硬化性	複合材料等	合成ゴム	
6.0	18.9	15.5	16.6	24.8	

(単位:%)

3. 一般系廃棄物に含まれる容器・包装系プラスチックの詳細フロー

今回の研究では、一般廃棄物の中でも特に廃棄量が大きく、更には回収が困難といわれている容器・包装由来のプラスチック廃棄物についてさらに細かいフローを調査した。

3. 1 プラスチック容器・包装の樹脂別・用途別需要量

プラスチック容器・包装製品は大別して次の3形状由来の製品群に分類される。

- ①プラスチックフィルム由来(レジ袋、個別包装袋、ラップ等)
- ②プラスチックシート由来(弁当容器、PSP トレー、カップ麺容器等)
- ③射出・ブロー成形品(ボトル)

これらのデータに関しては(株)総合包装出版が発行しているレポート^{11),12),13)}を利用した。このレポートには各樹脂別・用途別に需要量が推計されているので、今回は数値を加工せずにそのまま用いた。

表5 一般廃棄物中に見られるフィルム¹¹⁾、シート¹²⁾、ブロー・射出成形¹³⁾製品の需要

フィルム	PE系	PP系	PS系	PET系	PVC系	その他	計
食品包装用	150,320	161,890	2,570	35,770	1,960	29,790	382,300
繊維・日用品包装用	163,210	62,490		2,640		12,538	240,878
規格袋・レジ袋・ゴミ袋	340,980	6,020				2,000	349,000
ラップ・シール・ラミネート等	107,180	64,310	11,090	1,270	164,150	30	348,030
計	761,690	294,710	13,660	39,680	166,110	44,358	1,320,208

シート	PE系	PP系	PS系	PET系	PVC系	その他	計
食品包装用	3,510	100,380	461,015	40,460	66,200	56,370	727,935
非食品包装用	322	2,328	7,175	4,112	28,630	2,670	45,237
計	3,832	102,708	468,190	44,572	94,830	59,040	773,172

射出・ブロー	PE系	PP系	PS系	PET系	PVC系	その他	計
食品系容器	38,870	7,840	67,183	159,950	11,040	3,290	288,173
洗浄剤・化粧品等容器	51,290	8,900		15,457	9,076	420	85,143
計	90,160	16,740	67,183	175,407	20,116	3,710	373,316

注)多層ブロー用途は大部分がマヨネーズ・ケチャップ等の食品用途のため、ここでは全て食品用途に加算した。

この結果を見ると、プラスチックフィルム由来の製品は PVC や PVDC(ポリ塩化ビニリデン)が中心であるラップを除いて、ほとんどが PE 製品であった。プラスチックシートは大部分が発泡・非発泡の PS であった。また、射出・ブロー成形ボトルでは乳酸菌飲料等で HIPS(ハイインパクトポリスチレン)が大量に用いられている以外は、PE と PET が中心であった。

3. 2 プラスチック容器・包装の樹脂別・用途別廃棄量

樹脂別・用途別にゴミ質調査を行っている団体はまだ少なく、今回の研究では東京都清掃局¹⁴⁾、千葉県廃棄物情報技術センター¹⁵⁾、そして(社)プラスチック処理促進協会が行ったゴミ質調査の結果¹⁾を比較し、分類項目が比較的類似している東京都清掃局と(社)プラスチック処理促進協会のデータを用いた。それぞれの結果は表6のようになっている。

表6 フィルム、シート、射出・ブロー成形由来のごみの割合

	PE系	PP系	PS系	PET系	PVC系
フィルム					
食品包装用(ラップ含む)	3.61 5.01	4.71 2.10	0.06	0.04 1.55	1.04 0.12
繊維・日用品包装用	8.82 0.60	4.07 1.67	0.09	0.14	1.01
規格袋・レジ袋・ゴミ袋	11.62 22.10				
シート	0.56 0.38	4.07 3.09	12.71 11.70	0.59 0.45	1.71 0.63
射出・ブロー					
食品系容器	0.34 1.58	1.27 0.07	0.68	11.21 0.76	8.51
洗浄剤・化粧品等容器	2.97 3.62	1.59	0.07	0.92 0.53	0.69 0.48
計	27.92 33.29	15.71 6.93	12.88 12.44	12.90 3.29	4.46 9.74

上段→東京都区部不燃ごみ 下段→千葉県船橋市可燃ごみ

今回の研究では厚生省水道環境部発表の平成6年度実績の全国ごみ処理フローシート⁸⁾に従い、可燃ゴミ：不燃ゴミの比を2809.2万t：476.3万tとして可燃・不燃混合の比率を求め、これに一般廃棄物全体のうちプラスチックの占める割合を9%として推計を行った。

4. フロー解析と考察

4. 1 概略的フローの解析と考察

これらの結果を基に作成したPE・PP・PS(ABS・AS含む)・PET・PVCの簡易フローは図2の通りである。マテリアルリサイクルに関しては(社)プラスチック処理促進協会の資料¹⁶⁾を基に、各業界団体のデータ^{17),18)}を加えて算出した。なお、ここでは各需要については総計のみを記述している。

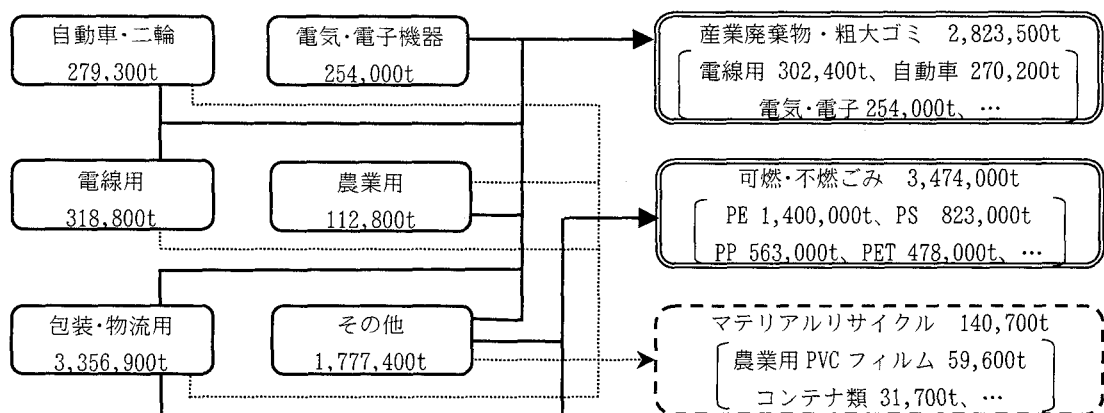


図2 日本におけるPE・PP・PS(ABS・AS含む)・PET・PVCのプラスチックフロー(平成6年)

このフローから、一般系廃棄物に流れ込むプラスチックの大部分は包装・物流関係から発生しているのがわかる。特に包装・物流関係の中でもPE・PP・PS・PVC・PETの5樹脂でフィルム・シートが1,990,000t、容器・ボトルが470,500t、トレーで171,400tものプラスチック需要を抱えており、この大部分が可燃・不燃ごみに流れ込んでいると思われる。

廃プラスチックは東京都区部では不燃に、千葉県船橋市では可燃に分別するよう指定されている。

表6を見て特に大きく異なっている項目は、PE系の「規格袋・レジ袋・ゴミ袋」の欄とPET系及びPVC系の「食品用射出・ブロー成形容器」の欄である。PE系の「規格袋・レジ袋・ゴミ袋」については、レジ袋がゴミ袋として可燃に回ることから発生する差異であると思われる。「食品用射出・ブロー成形容器」いわゆるPETボトル及びPVCボトルについては、ビン関係は不燃に回す意識が強いからであると思われる。

この中で廃棄量削減に最も有効と思われるのは、過剰包装の削減とPSPトレー回収率の改善であろう。東京都と千葉県市川市の調査によると、可燃ごみに含まれるPEのうち約80%、不燃ごみに含まれるPEのうち約40%が袋であるという。買い物袋の利用等でPE袋の消費量を半減するだけで、約45万tのプラスチック廃棄量が削減できることになる。

マテリアルリサイクルについてみると、ボトル用PETの国内供給量142,800tなのに対して、リサイクルされているのが900t(約0.6%)にとどまっている。これは1995年段階での調査であり、その後「再生資源の利用の促進に関する法律(リサイクル法)」でPETは「第二種指定製品」に指定されたため、現在ではだいぶ改善されてきているのであろう。PSPシートは生産量が約14万tに対し、回収量が300t前後(約0.2%)なので、デパート・スーパー等を拠点とした回収経路の更なる確立が強く望まれる。

一方、FS(Foam Styrene)についてはこの時点でもかなりの回収実績があげられていた。1993年の時点で水産等容器では国内流通量が95,000tに対して18,700tが回収・再利用され、再資源化率は19.7%であった。¹⁷⁾FSのリサイクル率が高いのは卸売市場等で1個所で大量に発生するからであるが、PSPシートでも市民がきちんと協力すれば同レベルのリサイクル率は可能ではないかと考える。

4.2 一般廃棄物に含まれる容器・包装由来のプラスチックフローの解析と考察

次に、一般廃棄物中の容器・包装系のプラスチックについて詳細に解析したフローを図3に示す。

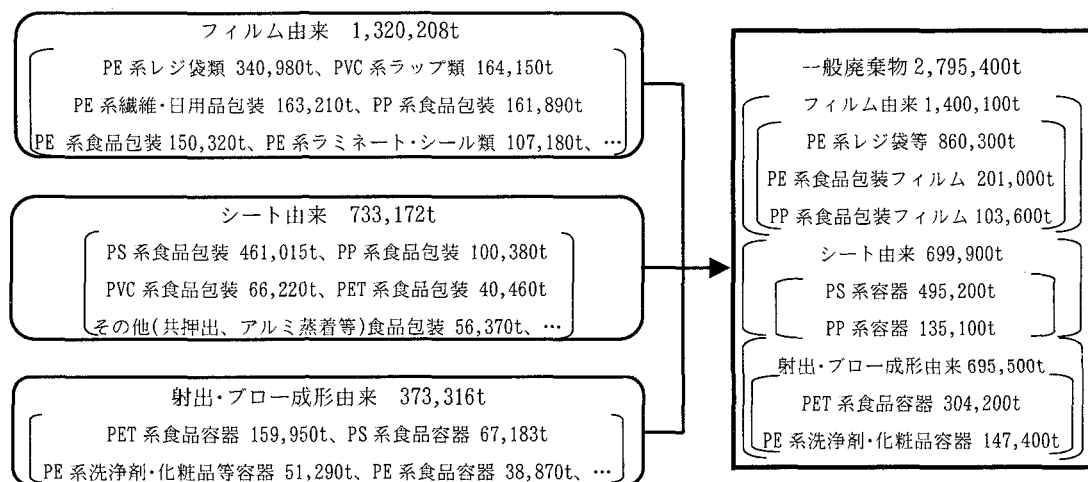


図3 一般廃棄物中に流れる容器・包装系プラスチックのフロー(カッコ中は代表的な項目を記述)

需要量と廃棄量との間で差が大きいのはPE系レジ袋等と、射出・ブロー成形の容器類である。PE系のレジ袋等に関しては、(株)総合包装出版の調査において把握しきれていない量が相当量あるものと推測される。射出・ブロー成形容器類に関してはごみ質調査におけるばらつきから発生するものなのか、それとも(株)総合包装出版の方の調査漏れから発生するものであるのか、現段階では分かっていない。今後、更なるごみ質調査が行われて統計的な解析が出来るよう望むところである。

全体的な量からみると、やはりフィルム系の包装材が最も多い。現段階でほとんど回収されていないフィルム・シート由来の廃棄量で約210万tものプラスチックが廃棄されていることを考えると、今後はこれをいかに回収するかが大きな意味を持つであろう。

4. まとめ

今回のフロー解析によって、一般廃棄物中に流れ込むプラスチックの量は約 350 万 t、そのうちフィルム・シート・射出成形・ブロー成形の容器・包装材で約 280 万 t と膨大であることが明らかになった。さらにその大部分が有効に再利用されていないことを考えると、プラスチックリサイクル体制の改善が強く望まれることが理解できた。

また、今回の研究によって、同じ用途であるにもかかわらず他社製品との差別化を図るためにさまざまな樹脂の容器・包装材を用いている現状が浮き彫りとなった。今後は容器・包装材を使用するメーカーが協力してなるべく単一の樹脂を用いるなど、使用後に廃棄されたときに消費者が分別回収・リサイクルをしやすいように製品の設計を行うことが重要である。

5. 謝辞

今回の研究に当たって、多くの方々のご協力を得た。特に、(社)化学経済研究所の林廣和氏と(社)プラスチック処理促進協会の方々にはここに謝意を表します。

引用文献

- 1) 産業基盤整備基金：廃プラスチック類の熱分解油化の事例-技術及びその経済性の調査-, 1995
- 2) (社)化学経済研究所：合成樹脂需要構造調査報告書, 1996
- 3) (社)化学経済研究所：合成樹脂需要構造調査報告書, 1990
- 4) (社)プラスチック処理促進協会：ポストユース塩ビの再利用調査報告書, 1997
- 5) 通産統計協会：生産動態統計の長期時系列データ整備(一般機械・電気機械・輸送機械・精密機械), 1992
- 6) 通商産業省：通商白書(平成元年版), 1989
- 7) 産業基盤整備基金：廃プラスチック類の熱分解油化の事例-廃プラスチック熱分解油化とその周辺技術-, 1996
- 8) 厚生省水道環境部：廃棄物関係統計総合資料集, 廃棄物学会誌, Vol.27, No.11, pp23~25, 1997
- 9) (社)プラスチック処理促進協会：産業廃棄物処理業者における廃プラスチック類処理実態調査報告書, 1997
- 10) 厚生省水道環境部産業廃棄物対策室：産業廃棄物の排出及び処理状況等について(平成6年度), 廃棄物学会誌, Vol.27, No.11, pp58~65, 1997
- 11) (株)総合包装出版：ブラフィルムの品種別需給と用途別需要動向, 1996
- 12) (株)総合包装出版：ブラシートの品種別需給と用途別需要動向, 1996
- 13) (株)総合包装出版：液体容器の需給動向と容器の用途別需要実態, 1997
- 14) 谷川昇、立藺邦人、武本敏夫、大木秀男：都市ごみ中のプラスチックの性状, 第6回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp102~105, 1995
- 15) 矢野秀和：生活系一般廃棄物中におけるプラスチックの組成分析, 平成7年度千葉県廃棄物情報技術センター年報, Vol.2, 1996
- 16) (社)プラスチック処理促進協会：排出プラスチックの再生事業に関する調査結果, 1996
- 17) 「都市と廃棄物」編集部取材班：EPS と PSP のリサイクル現状と今後の展望について, 廃棄物学会誌, Vol.25, No.2, pp49~57, 1995
- 18) 中西武：PET ボトルリサイクルの実際と今後, 資源環境対策, Vol.32, No.9, pp13~17, 1996