産業廃棄物総合処理システム

Total Management System of Industrial Wastes

Industrial wastes should be disposed by the hand of the industries concerned. In this view minor and mediumsized industrial enterprises, under the guidance of prefectural government offices, are formulating a plan for establishing a total waste disposal center. Success of this plan depends on successful completion of subsystems for collecting, relaying and transporting waste to disposal centers.

In this article, the functions of these subsystems are defined from the viewpoints of material handling and information control. Also, machines and equipment needed to perform those functions, their present status and future prospects, etc. are also discussed.

境 弘夫* Hiroo Sakai 尾崎正道** Masamichi Ozaki

11 緒言

産業廃棄物という名の公害源が明確に定義づけされたのは昭和45年12月のいわゆる公害国会において「廃棄物の処理および清掃に関する法律」が可決されてからである。この法律において産業廃棄物の処理責任は排出者にあるとされた。しかし一つの事業体(工場)から排出される産業廃棄物の種類は多種類あり、またこれらは一括して一つの処理装置で処理することがむずかしい。大手企業では排出量も多いので自己資金で処理装置を設置することが可能であるが、中小企業においては個々の排出量は少なく、コスト的に経済的な処理装置を自工場内に設置するには困難性を伴う。このため地方自治体が指導し、中小企業から排出される産業廃棄物を広域的に収集し処理する「総合処理センタ計画」が本格化しようとしている。

この「総合処理センタ計画」は単なる処理センタ(プラント) を建設するだけでなく、収集サブシステム、輸送サブシステム、処分サブシステムなども合わせて計画する必要があり、 この意味から大規模の総合処理システムとしてセンタ計画を とらえることが必要である。

産業廃棄物の排出量に関するデータは全国規模,地方自治体単位で調査され集計されつつある。通商産業省の調査による全国排出量は昭和44年度5,847万t/a,昭和50年度11,019万t/a(推定)となっている。なお昭和44年度の生活系廃棄物は2,236万t/a.であった。

産業廃棄物と生活系廃棄物(いわゆる都市ごみ)の違いは 法的に定義されているが、廃棄物の内容および排出形態上か ら次のことが言える。

- (1) 産業廃棄物は多種多様で、廃棄物の種類ごとに処理方法 が異なる。
- (2) 産業廃棄物には有害成分が含まれることがある。
- (3) 産業廃棄物は排出源が広域に点在しており、収集方法が異なる。

産業廃棄物排出量は生産指数のアップに伴い、年々増加する傾向にあり、図1に示したのは大阪府の調査データである。 プラスチック廃棄物の伸びは特に著しく、図2に示すように 生産量の約半分量が年々排出されている。

産業廃棄物総合処理システムに与えられる課題は, 廃棄物

の量的変化、質的変化を吸収する機能をシステムに持たせるという技術的問題と、そのシステムをいかにして社会環境および自然環境とマッチングさせるかというソフトサイエンス上の問題を内在している。また、産業廃棄物は排出周期がコンスタントでなく、処理対象量に波があり、したがって収集の方法も複雑となるなど管理運営面のシステム化も見のがすことはできない。これらの問題は従来の技術オリエンテッドなアプローチでは解決できないものであり、以下に述べるようにトータルシステムズアプローチによってのみ解決できると考える。

22 産業廃棄物とトータルシステム

まず産業廃棄物を広域的に収集し、集中処理することのメ リットおよびデメリットについて検討する。

(1) メリット

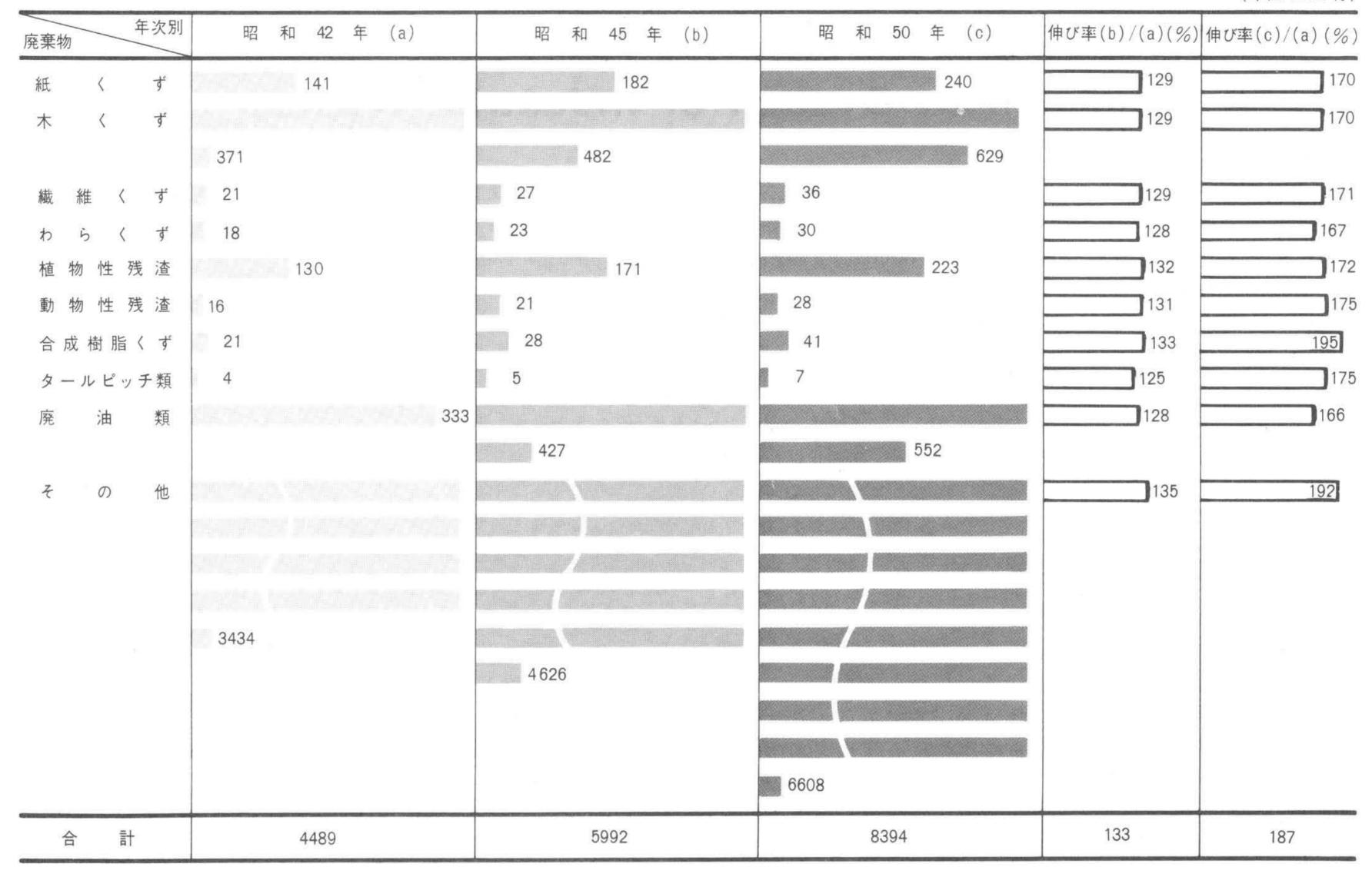
(i)	処理処分の組合せで全体の要処理量を低減できる。
(ii)	二次公害防止対策に十分な措置が可能である。
(iii)	緊急時の排出規制に対し応答が速い。
(iv)	制御システム, 自動化の導入が容易である。
(v)	設備投資額がスケールメリットにより減少する。

(2) デメリット

(i)	廃棄物を集中するため輸送問題が新たに生ずる。
(ii)	排出者のコンセンサスを得て計画を遂行するのに時
	間を要する。
(iii)	設備投資額の負担が一度に生ずる。
(iv)	処理センタ建設に大きい敷地を要する。
(v)	地域住民への影響が大きい。

総合処理システムを実現させるためにはこれらのデメリット的要素に対する対策が効果的に実施されねばならない。特に収集、輸送など、処理センタへの搬出入に関連する問題と地域住民のコンセンサスの問題は、技術オリエンテッドな手法では解決できないものである。これらは自然環境とのマッチング、社会環境とのマッチングおよび都市計画との連携などを考慮したシステムズアプローチによってのみ解決が可能

(単位 100t/月)



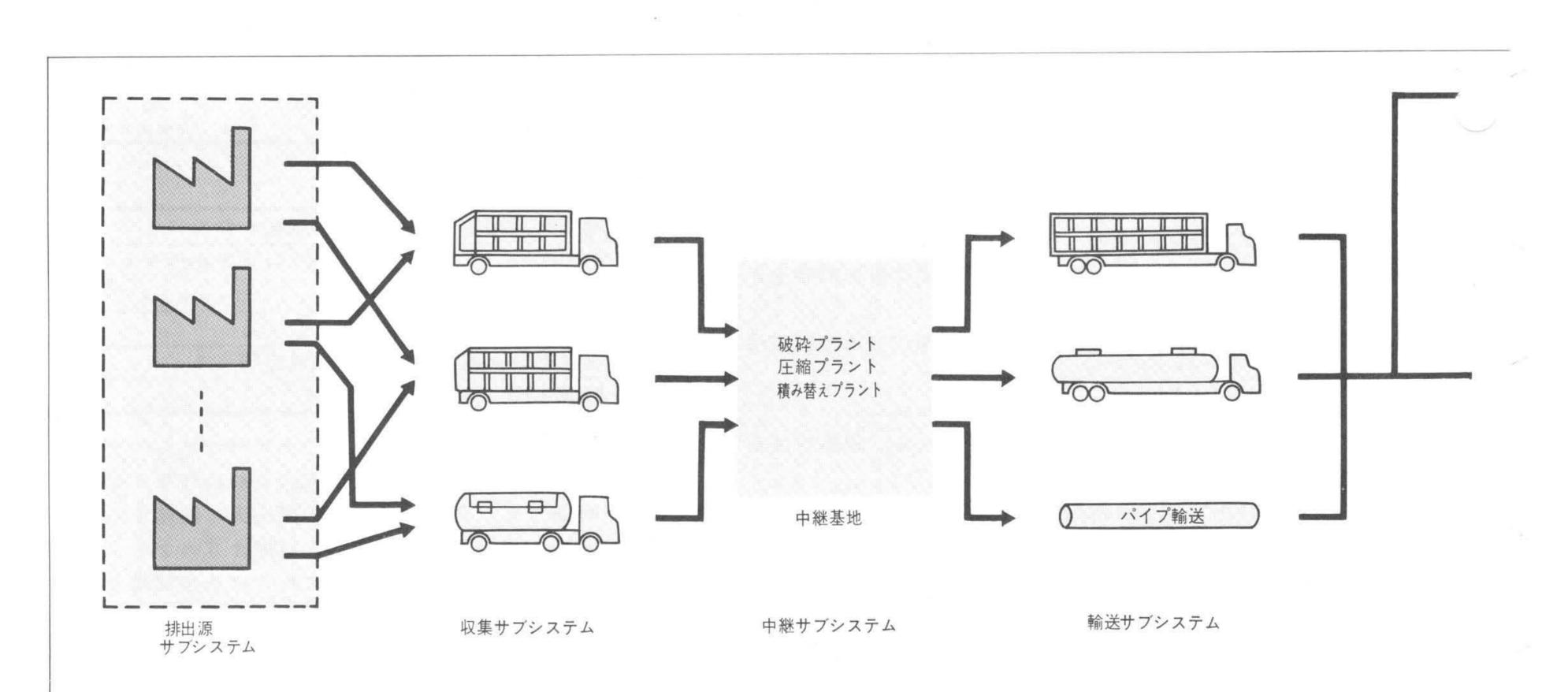
大阪府における製造業からの種類別排出量の推定で、全国量の約%に相当する。 産業廃棄物排出量の予測

Fig. I Industrial Waste

である。

また、メリットとしてあげた諸点についても各種のサブシ ステムを代替案を含めてあらゆる観点から分析検討し組み立 てることによって真にメリットとなるものである。言うなれ

ば収集から処理・処分までのシステムはネットワーク構造を しており、ネットワークを構成するサブシステム、さらには サブシステムを構成する要素技術の個々が互いに強いインパ クトを有している。これらの相互関連性を見きわめ, クリテ



産業廃棄物総合処理システム を示す。

物流面からみた処理・処分のシステムフロー Fig. 3 Total Processing System for Industrial Waste

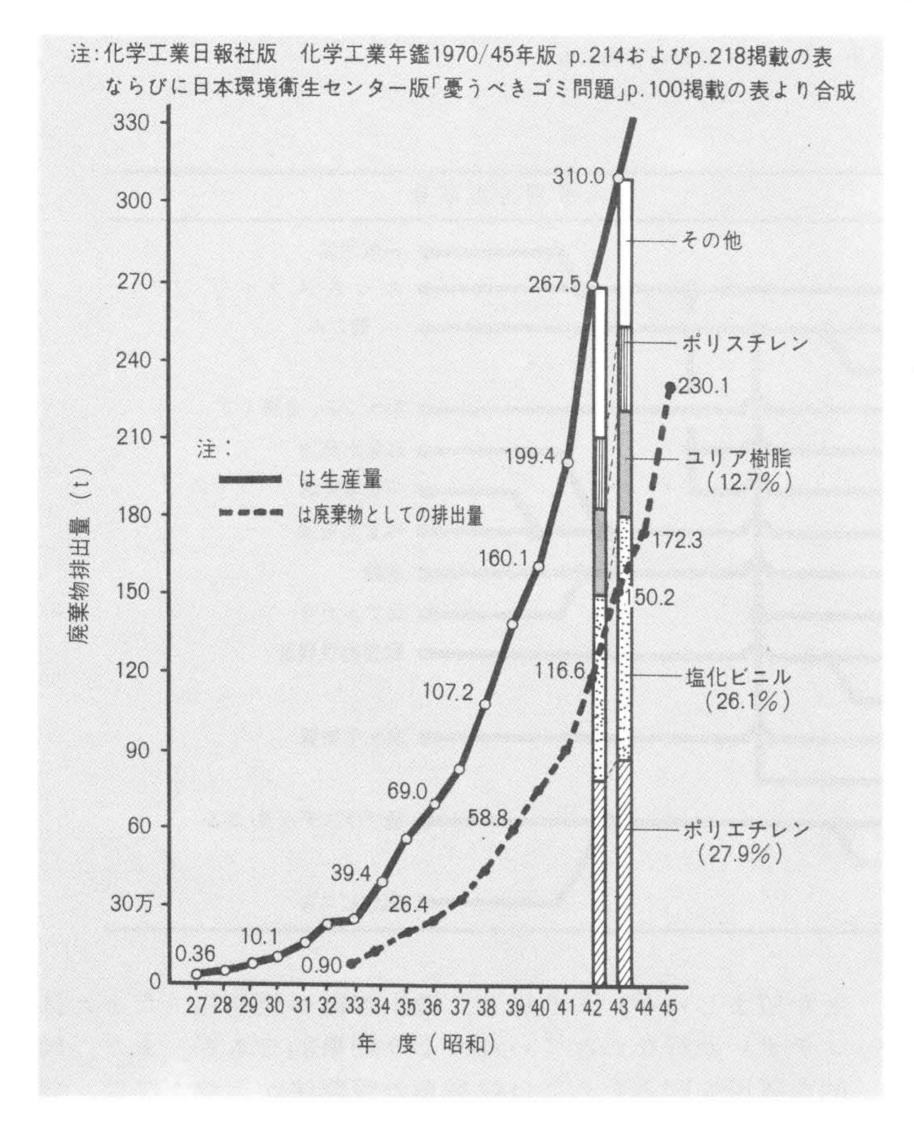


図2 プラスチック廃棄物の排出量の変化 プラスチック生産量の約半分量が廃棄物として排出されている。

Fig. 2 Quantity of Plastics Waste

ィカル・パスを解析し、最も効率の良い管理運用が可能なシステムを作り上げるにはシステムズアプローチが不可欠である。

システムズアプローチの必要性を要約すると次の3点と

なる。

- (1) 環境保全(自然環境とのマッチング)
- (2) 社会環境とのマッチング
- (3) 収集より処理・処分に至るまでの効率的管理運用

これらをすべて満足させることはむずかしい、特に環境保全の面は自然の浄化能力を過信し、現在の環境汚染を深刻化させた根本原因であるが、相手が物言わぬ対象であるためにあと回しにされる傾向にある。また社会環境とのマッチングの面も、今までに十分なテクノロジ・アセスメントを行なうことなく新しい技術を採用してきている。とは言え、総合処理システムの実現に際し上記2点に優先してアプローチを行なわないと、「総合処理システムは新しい公害源となる」おそれさえでてくる。

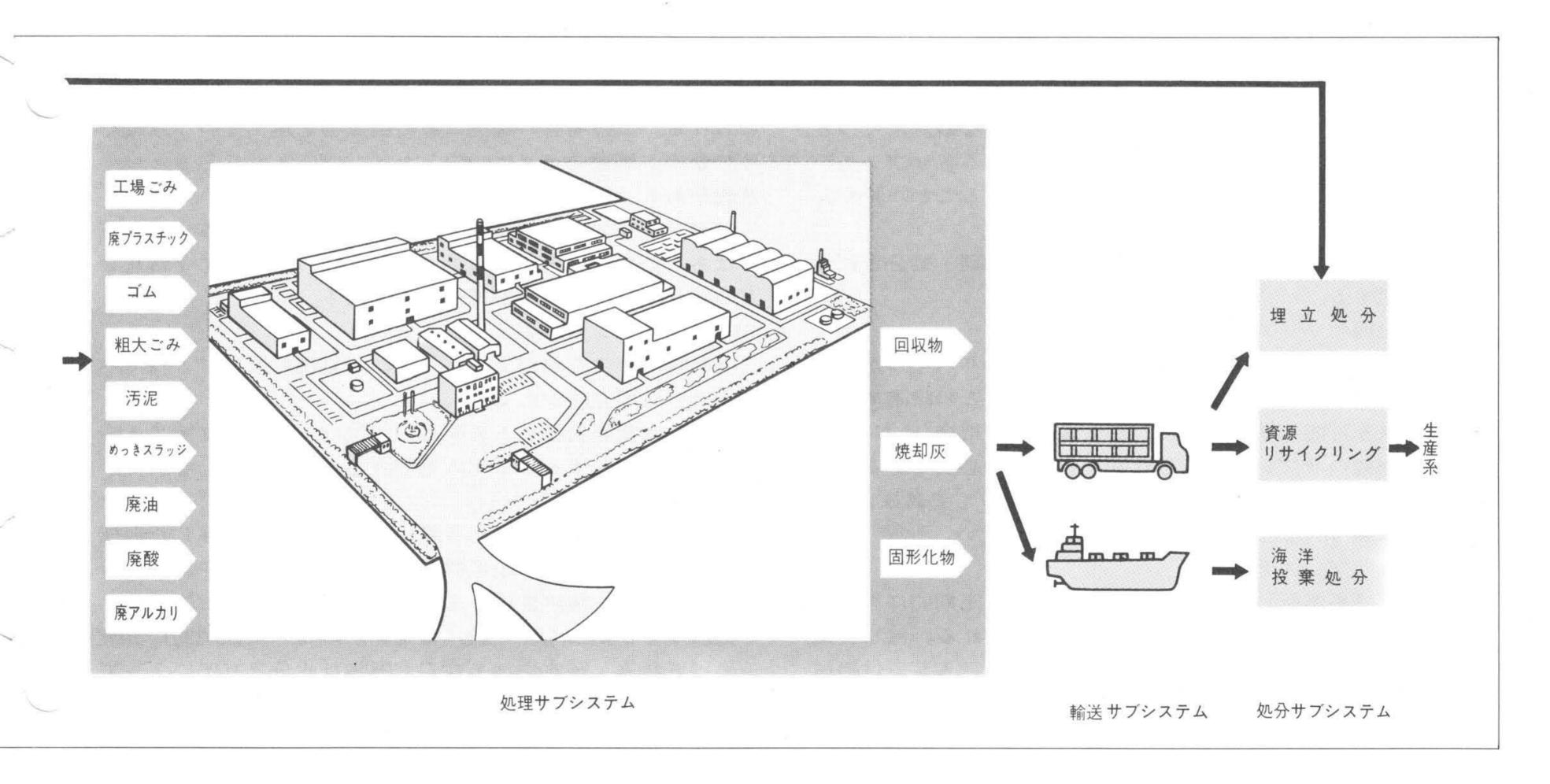
3 総合処理システムの概要

産業廃棄物総合処理センタ計画を総合処理システムとして とらえることによって、システムに要求される機能には物流 という面からと、情報という面からとの二とおりの機能があ る。

物流面からシステム機能を分析すると次のサブシステムが あげられる。

- (i) 廃棄物の排出形態(質,量,ひん度など)に関するシステム(排出源サブシステム)
- (ii) 収集を効果的に行なうシステム(収集サブシステム)
- (iii) 中間処理を行ない,輸送負荷を低減させるシステム (中継サブシステム)
- (iv) 輸送を社会環境とのマッチングにより十分効果的に行なうシステム (輸送サブシステム)
- (v) 二次公害を発生することなく、効率の良い処理を行な うシステム(処理サブシステム)
- (vi) 処理残渣(さ), 無害物を衛生的に埋立または海洋投棄 するシステム(処分サブシステム)

これらのサブシステムの相互関連を示したのが**図3**である。 情報面からは次の機能をもつサブシステムが必要となる。



分別排出項目 各工場においてこのように分別して排出容器に排出されると処理・処分が容易になる。

Table I Classified Exhorsting Items

廃 棄 物 名	構成比%	分別排出項目
		一般汚泥
汚 泥 な ど	21.6	めっきスラッジ
木	14.9	— 般ごみ
紙 類	13.5	
金	10.8	粗大ごみ, 金属くず
炭がず類	9.5	高含水廃油
ダ ス ト 類	8.1	中含水廃油
油	7.4	低含水廃油
廃 酸 類	4.1	廃 酸
その他問題なく燃えるもの	2.7	廃アルカリ
動物性残渣	2.0	動植物性残渣
植物性残渣	1.3	
その他の廃化学物質	1.3	廃化学物質
繊 維 類	0.7	
合成高分子系くず類	0.7	廃プラスチック・ゴム
その他燃やせるが煙などで問題あるもの	0.7	
上記以外のもの	0.7	塩化ビニル

- (i) 廃棄物の排出状況を監視,予測するシステム(排出監 とが望ましいが,この場合,排出容器の規格化(たとえばコ 視・予測サブシステム)
- (ii) 収集車の配車計画などを行なうシステム(収集管理サ ブシステム)
- (iii) 処理センタの運転状況に合わせて廃棄物の搬出入がス ムーズに行なえるように管理するシステム(輸送管理サ ブシステム)
- (iv) 処理センタの最適運転を制御するシステム (運転制御 サブシステム)
- (v) 上記サブシステム全体を管理するとともに各種統計資 料の作成や料金請求業務などを行なうシステム(情報管 理サブシステム)

これらのサブシステムはそれぞれ単独に機能を果たせるも のではなく、相互に影響しあうものである。また、物流、情 報というとらえ方も機能の面から分けたものであって、廃棄 物は情報をもった物の流れであるから, 両者は本来分離して 考えることのできるものではない。このような観点にたつと, 廃棄物の処理は、上記物流、情報両面における各サブシステ ムを統合し、トータルシステムとして運用することによって、 効果的に達成することができるといえよう。

図3の流れに従って廃棄物がどのように処理・処分される かを下記する。

(1) 排出源サブシステム

排出者(事業所)は廃棄物をその性状によりいくつかの内・ 容に分けて(分別),特定の容器に貯留する。この段階で廃棄 物の性状を可能な限り正確に、かつ量的にも把握(はあく)す ることが他のサブシステムを計画するうえで必要である。

分別項目は処理サブシステムの内容によって差異はあるが 一般には表1のように分別されるのが望ましい。

(2) 収集サブシステム

排出者(事業所)よりのオンコールまたは定期的に専用収 集車により廃棄物は収集され中継基地へ運ばれる。液状廃棄 物はタンクローリなどにより, 固形廃棄物は投入装置付機械 式収集車, 圧縮収集車などにより収集される。

収集は地域交通事情の緩和を考慮して夜間に行なわれるこ

ンテナ)が行なわれていればより効果的である。また、効率 的な運用を図るためには収集車の管理法が重要な課題となる。

(3) 中継サブシステム

収集されてきた廃棄物のすべてを処理センタに輸送する必 要はなく、たとえば廃酸と廃アルカリのように中継基地にお いて混合することにより、中和処理できるものもある。また 輸送サブシステムの負荷を低減させるために、中継基地にお いて破砕、圧縮操作などにより減容することも可能である。

今後も自動車輸送が輸送手段の主体なので、輸送車の積載 効率を高め、1台あたりの輸送量を増すことが交通事情の緩 和に貢献する。 固形廃棄物の種類によっては破砕、 圧縮操作 により嵩(かさ)比重を5~10倍にすることが可能である。

(4) 輸送サブシステム

中継基地において小形車両より輸送用の大形車両(10~12 t 車)へ積み替えを行なった後、処理センタまでの輸送が行 なわれる。この場合の輸送は単に廃棄物を運ぶという意義だ けでなく、処理センタに一定したインプットを与えるという 意義がある。

輸送サブシステムで要求されるハード(輸送媒体)につい てはあとで詳記するが、自動車輸送に代わってパイプ輸送な どの新しい方法の採用が将来予想される。

(5) 処理サブシステム

廃棄物はその性状によって、また、処理対象量によってい くつかの処理方法がある。

代表的産業廃棄物である廃油、汚泥(おでい)、プラスチッ クについて概記すると下記の処理方法がある。

(i) 廃 油

廃棄物として排出される廃油は大量の水と混在した形態 が多い。また油にも圧延機, 切削機などで使用される水溶 性油もあり、疎水性油もある。水溶性油を含んだ廃油は, 分離がむずかしく,一般には焼却炉において強制的に燃焼 処理される。疎水性油を含んだ廃油は水分含有率によって 油水分離装置または蒸留装置により油を回収することが可 能である。

表 2 廃棄物の種類と収集車の形態 廃棄物が分別して排出されているる場合,最適の車種が選択される。

Table 2 Kinds of Industrial Waste and Types of Disposal Cars

廃棄物の種類	排出源の状態	収集車の形態
可燃性廃棄物	ボックス(0.6m³)	投入装置付機械式収集車
動植物性残渣	ボックス(0.6m³)	投入装置付機械式収集車
廃 プラスチック・ゴムく ず	ポッパ(排出側設備)	圧縮式収集車
廃 油	ドラム罐(かん) (貯留そう)	中形タンク車
タールピッチ	ドラム罐	クレーン付トラック
有機・無機性高含水汚泥 (含む有害)	沈殿貯留そう	汚泥吸上げ車
有機・無機性 低含 水汚泥	ホッパ	圧縮式収集車
金属くず・粗大ごみ	ばら状・その他	バケット付深ボデーダンプ

(ii) 汚 泥

産業廃棄物として排出される汚泥には下水汚泥、産業廃水処理汚泥、廃白土、有害金属含有汚泥(めっきスラッジ)、動植物性残渣などがある。有害金属含有汚泥を除いて他は一般には焼却処理により減容され焼却残渣は埋立用となる。有害金属汚泥は焼却すると有害金属がヒュームとなって大気中に放散する可能性があるので、脱水処理または乾燥処理により減容した後、コンクリートまたはプラスチックを用いて固形化され、固形化物は埋立または海洋投棄される。(iii) プラスチック

プラスチックは発熱量が高く(5,000~10,000 kcal/kg), 従来の焼却炉(ストーカ炉など)で焼却すると高温を発生 し、れんがを痛め、また塩化ビニルより発生する塩化水素 の高温腐食が問題となるが、近年プラスチック専用の焼却 炉が開発されている。

プラスチックを焼却せずに有効利用する方法として溶融 固形化,再生処理および熱分解処理がある。

処理サブシステムにおける課題は二次公害の心配のない, 安定性,柔軟性のあるシステムを組み立てることで,このためにはマスバランス,ヒートバランスの最適化およびプロセス制御による運転の最適化が不可欠である。

(6) 処分サブシステム

処理サブシステムより排出されるものには焼却残渣, 捕集 ダスト (電気集じん機などで捕集されるダスト), 脱水汚泥, 固形化物および回収鉄くず, 回収油, 再生プラスチックなど がある。回収物以外は生産系へリサイクリングすることはむ ずかしく, 埋立処分または海洋投棄されるが, 有害物質の地 下水汚染, 土壌汚染, 海水汚染などの問題がまだ未解決であ り, 今後早急に処分方法の安全性について結論を出す必要が ある。

なお、現在はおもに焼却処理を行なっているが、地球全体の資源保全を考えた場合、資源化再生利用(リサイクリング)の問題をなおざりにすることはできない。

4 サブシステムの機能分担

前章においてトータルシステムとして産業廃棄物総合処理システムをとらえることの必要性を述べ、物流面および情報面からシステム機能を分析しいくつかのサブシステムについ

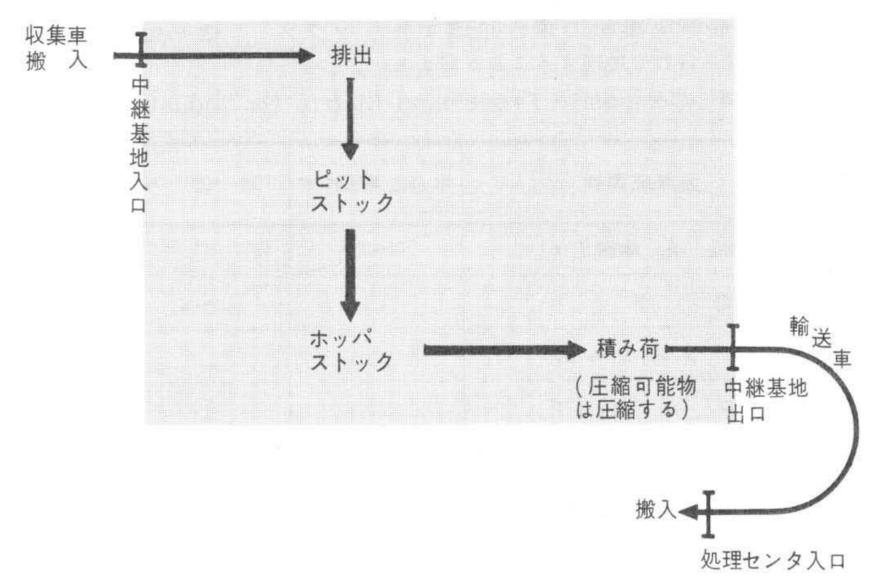


図 4 中継基地における物流 中継基地では、ポッパ システムにより大形輸送車へ積み換えされる。

Fig. 4 Distribution System at Relaying Base

て論じた。本章ではこれらサブシステムの個々に賦与される機能についておもに機器,装置面から考察する。

(1) 収集サブシステム

収集サブシステムで採用される収集手段は将来とも自動車が中心である。現に真空輸送などの新しい方法も提案されているが、工場から排出される産業廃棄物への採用は困難である。収集に際して、混合収集してよいものと、混合収集することによって処理・処分工程が複雑になるものとが明確に区分されねばならない。このような区分を収集車側で行なうことは時間的制限もあり実際には不可能である。対策として考えられることは、

- (i) 排出者がコールオンするときに廃棄物性状を連絡する。
- (ii) あらかじめ該当排出者の排出する廃棄物性状に関する データをディジタル情報として登録しておき,収集車が 計画的に収集ルートに従って収集する。

なお収集車両の自動化, ワンマン化を目的として, 排出容 器の規格化 (コンテナ化) が促進されると予想される。

表2は産業廃棄物の種類と収集に用いられる車種の一例を 示したものである。

(2) 中継サブシステム

中継サブシステムに与えられる機能は,

- (i) 破砕, 圧縮処理により減容する。
- (ii) 大形輸送車両への積み替えをする。

表 3 パイプ輸送の形態 自動車輸送と併用で将来パイプ輸送が採用される。方式は種々あるが経済性により最も適した方式が選択される。

Table 3 Total Processing System for Industrial Waste

輸送形態	廃棄物形態	輸送方式			
		水力			
	ばらごみ	真空吸引			
		ベルトコンベヤ			
パイプ	コンテナ	チェーンコンベヤ			
		台 車			
		圧送(水力, 風力)			
	カプセル	自 走			

表 4 産業廃棄物の複合処理マトリックス 個々の廃棄物に専用処理プロセスを計画することは不経済で、可能な限り合わせ処理することが好ましい。

Table 4 Composite Processing Matrix for Industrial Waste

産業廃棄物	木,紙,繊維くず	油ぼろ	プラスチック	ゴムくず	廃 油	一般汚泥	有害金属汚泥	動植物性残渣
木,紙,繊維くず		0	Δ	Δ	0	Δ	×	0
油ぽろ	0		0	0	0	×	×	0
プラスチック	Δ	0		0	×	×	×	×
ゴム〈ず	Δ		0		×	×	×	×
廃油			×	×		0	×	
一 般 汚 泥		×	×	×	0		×	0
有害金属汚泥	×	\times	×	×	×	×		×
動植物性残渣		0	×	×	0	0	×	

注:◎複合処理することが好ましい。◎複合処理しても問題はない。

△ 複合処理も可能であるが、混合条件がつく。× 複合処理のメリットがない。

(iii) パイプ輸送を行なう際の積込基地とする。

などが考えられている。対応する装置としては破砕機,圧 縮機があるが,これらは騒音を発生する要素が強いので中継 基地では十分な防音を考慮せねばならない。大形輸送車両へ の積み替えはホッパを仲介して行なわれる。**図4**は中継基地 における物流を示したものである。

(3) 輸送サブシステム

輸送手段としては現在採用されている自動車輸送が今後も 主体を占めると推定される。しかし車両の大形化、ワンマン 化が進み、大形パッカー車、大形コンテナ車、脱着ボデー車 が採用され、その結果、交通事情の緩和が行なわれよう。

自動車に代わる輸送手段として種々のものが提案されているが、経済的評価および社会環境とのマッチングを十分考慮のうえ選択されねばならない。新輸送手段で将来採用される見込みのあるものはパイプ輸送である。

パイプ輸送は地下または地上空間(高速自動車道路の下など)に布設されたパイプを用いて輸送する方法で、送り方式などにより表3のように分類できる。

パイプ輸送方式の選定は経済性,空間占有率,コントロールの容易さ,積み込み・積み降ろし設備の単純化などについての評価を基準として決められる。

(4) 処理サブシステム

処理サブシステムの構成要素はプロセスということばで表現することができる。産業廃棄物は個々に最も適した処理方法があり、廃油、汚泥、プラスチックの処理方法としては前述したとおりである。

一般論として、焼却処理を前提とするならば廃棄物量が多いときは専用の処理プロセスを計画したほうが運転上も好ましく、個々の廃棄物量が少ないときは、いくつかを統合して大形の処理装置を計画することにより、スケールメリットを考えたほうが良い。これは複合処理と呼ばれる。表4は複合処理の可能性をマトリックスにまとめたものである。

焼却処理装置には多くの炉形式が開発されているが、産業廃棄物処理用として開発されたものはまだ歴史が浅く十分な実績があるとは言えない。従来の都市ごみ焼却炉は焼却の目的を減容においている。また都市ごみの発熱量は約1,200kcal/kg(最近は紙類の占める割合が多くなって発熱量が上がった)と低いために、いかにしてカロリを補って効率よく燃焼させ

るかが課題であった。しかし産業廃棄物中の固形廃棄物は多少の差異はあるが、約4,000~6,000kcal/kg と高い発熱量を有する。このため、いかにして炉内が高温になることを防ぐかということが問題となっている。このように都市ごみ焼却炉の技術をそのまま産業廃棄物焼却へ持ち込むことがむずかしく、新たなアプローチが必要となっている。

焼却装置の今後の課題は「減容を目的とした焼却」から「エネルギー回収を目的とした焼却」へ、さらに「専用焼却炉」から「汎用焼却炉」への転換である。

産業廃棄物処理総合システムにおける処理サブシステムの 位置を考えた場合,資源保全および環境保全の観点から,将 来の方向として処理サブシステムの主体は資源化プロセスと なるであろう。資源化プロセスとしては,

- (i) エネルギー回収を目的とした焼却プロセス
- (ii) 破砕,分級,選別などの単位操作の組み合わせによる 資源の再生プロセス
- (iii) 熱分解プロセス
- (iv) 微生物処理プロセス

などが今後検討を要する問題である。

5 結 言

産業廃棄物を広域的に収集し、処理する「総合処理システム」をトータルシステムという観点からながめ、各サブシステムに賦与される機能について、考え方および装置、機器の現状と将来を論述した。

産業廃棄物の問題は最近の社会の関心事であるだけに、単なる技術的問題としてのみならず、社会環境、自然環境とのマッチングなども考慮し、システムズアプローチにのっとった計画を立てていくことが必要である。したがって、本稿では産業廃棄物処理に対する基本的な考え方を示すことを主とし、その具体化に関しては、固定的なシステムというよりも、各サブシステムにおいて実状に応じ、いくつかの代替案を選択しうるような形で提案した。個々のサブシステム、装置および機器については、すでに実用化されているもののほか、積み上げ方式で実験または実装置化が進められているものも多く、将来にも適用しうるシステムとして、実現性の高いものである。本稿が産業廃棄物処理システムの計画になんらかの参考になれば幸いである。