

廃棄物埋立地の機能と新しい埋立システム†

松藤康司††

廃棄物の処理処分は年々深刻化しており、環境問題の重要課題の一つとなっている。こうした背景の下で、廃棄物の排出抑制、減量化、資源化及び再利用の促進を前提にして廃棄物処理法が改正され、更にリサイクル法が成立される等、資源循環型社会へ動きつつある。

本稿では、従来の最終処分場の機能を明らかにするために、埋立構造の基本概念を述べ、準好気性埋立構造における廃棄物の分解過程について概説する。そして埋立地は、微生物の活動を応用したバイオリクターの機能を有する「人工の器」としてその機能の拡大が計られていることを明らかにする。一方、近年埋立廃棄物の性状が変化する中で、埋立地は「貯留・保管・備蓄」の機能が益々求められている。このため、新しい最終処分システム「デポ・ランド (Depo-Land; Deposit Landfill)」を提案する。

Keywords : 固体廃棄物、埋立地、埋立構造、浸出水、デポ・ランド

The treatment and disposal of waste is a more serious issues then ever year by year. On the legislative front, this has let to a revision of the Waste Management and Public Cleansing Law aimed at controlling waste discharges and promoting waste volume reduction and the reuse of recyclable resources. Further, two laws have been passed such as the Law for Promotion of Utilization of Recyclable Resources and the Law for Promotion of Sorted Collection and Recycling of Containers and Packaging. Thus it can be said that Japan is moving toward becoming a resources recycling society.

The auther discusses the concept of "Landfill Type" and the biodegradation processes of solid waste in semiaerobic landfill type in order to explain the role of bacteria in landfill sites. It becomes clear that the landfill site is "an artificial container" with a bioreactor. However, because the composition of landfill wastes is changing, the function of "Deposit", Which means storage, safekeeping and stock is required of landfill sites recently. The author proposes the new disposal system of solid waste, "Depo-Land", which means Deposit Landfill.

Keywords : solid waste, landfill, landfill type, leachate, Depo-Land

1. はじめに

我国においては、これまで経済の高度成長の下で生活水準の向上、生活様式の多様化、そしてそれらを支える生活活動の活発化に伴って廃棄物量は著しく増大してきた。近年のバブル経済の崩壊による景気の低迷の中で、廃棄物発生量は若干は鈍化しているものの、廃棄物の処理処分に関しては、以前にも増して深刻化している。

こうした背景の下で、廃棄物の排出抑制・減量化・資源化及び再生利用の促進を前提にして、廃棄物処理法（廃棄物の処理処分及び清掃に関する法律）が改正され、更にリサイクル法（再生資源の利用の促進）そして容器包装リサイクル法が成立される等、資源循環型社会へ動きつつある。

本稿では、廃棄物処理処分の最後の砦である最終処分の埋立てに的を絞り、廃棄物埋立地の機能と21世紀に向けた新しい埋立システムについて述べることにする。

2. 廃棄物の処理処分の現状

廃棄物問題は環境問題の一つであるため、廃棄物と環境は密接に関連した法律が定められている。そこで、廃棄物処理法及び関連法規の関係を示すと、図1の通りである。また、廃棄物処理法で規定されている廃棄物の分類は図2のようで、放射性廃棄物は、廃棄物処理法上は、除外規定となっている[1]。

一方、1992年度における廃棄物の排出量は一般廃棄物の場合、年間約5,000万t(137,500 t/日)で、発生原単位で、1,104 g/人/日である。1年間の廃棄物の容積は東京ドームの約135杯分にもなる。一方、産業廃棄物は一般廃棄物の約8倍に相当する年間40,300万tが排出されており、一般廃棄物で約1,500万t産業廃棄物で約8,900万tが最終処分されている(図3,図4参照)。

一方、我国の一般廃棄物の処理処分は、国土事情を反映して、焼却による減量化・安定化・無害化を処理の中心に置き、図5に示すようなフローで実施されている。参考までに、我国の一般廃棄物の処理処分を欧米諸国と比較したものが図6である。日本は焼却率が高いのに対し、欧米諸国は埋立処分が中心である。これは、環境規制の厳しい欧米では、焼却施設の建設が日本に比べて困難なこと、更に国土面積の広いこともあって、

† Function of Landfill Site and New Disposal System of Solid Waste, by Yasushi Matsufuji 本稿は、日本原子力学会1996年春の大会「放射性廃棄物企画セッション」での講演要旨であり、筆者のこれまでの論文や講演の原稿に加筆したものである。

†† 福岡大学工学部土木工学科 〒814-80 福岡市城南区七隈8-19-1 Faculty of Engineering, Fukuoka University

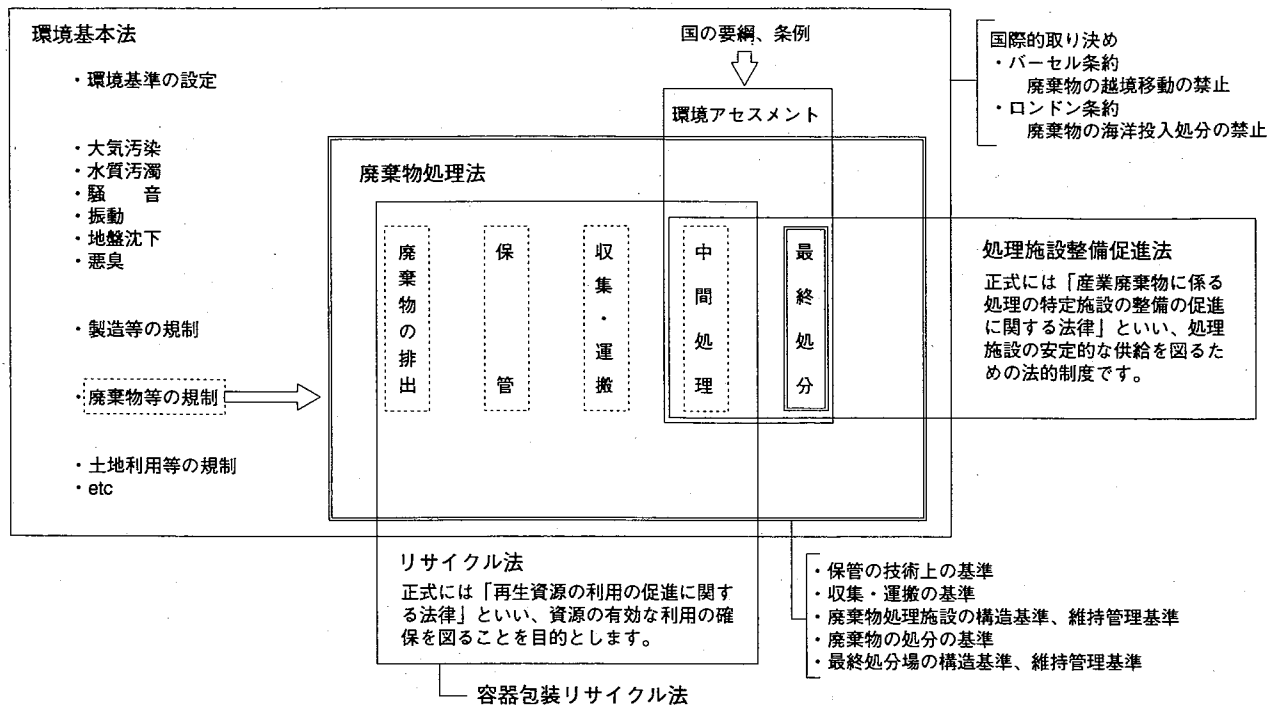


図1 廃棄物処理法及び関連法規

廃棄物は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」により、一般廃棄物と産業廃棄物とに区分されています。その処理・区分は、一般廃棄物は自治体が、産業廃棄物は排出元の企業が行うことになっています。

一般廃棄物は、家庭から出されるごみやし尿で、ごみは可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみなどに分けられます。また、一般廃棄物には、ごみ焼却後の残灰などもふくまれます。

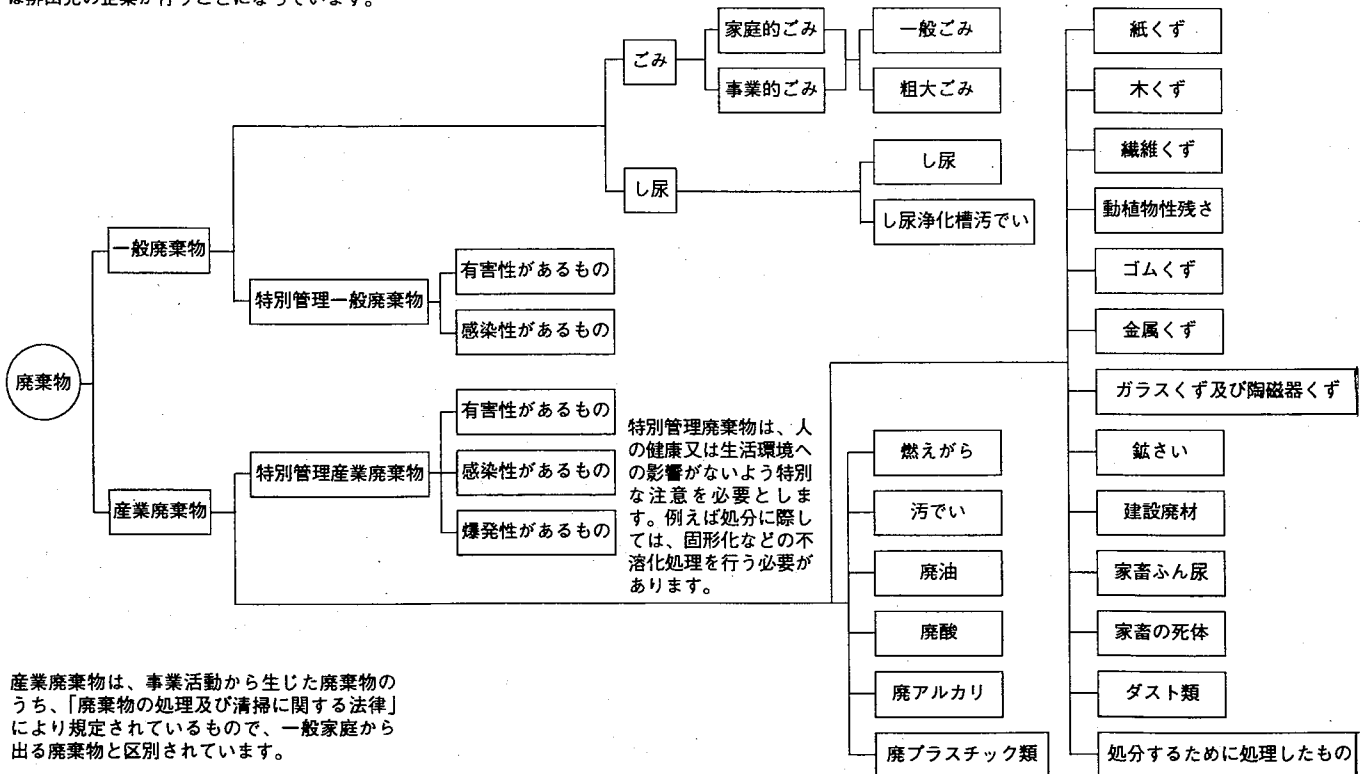
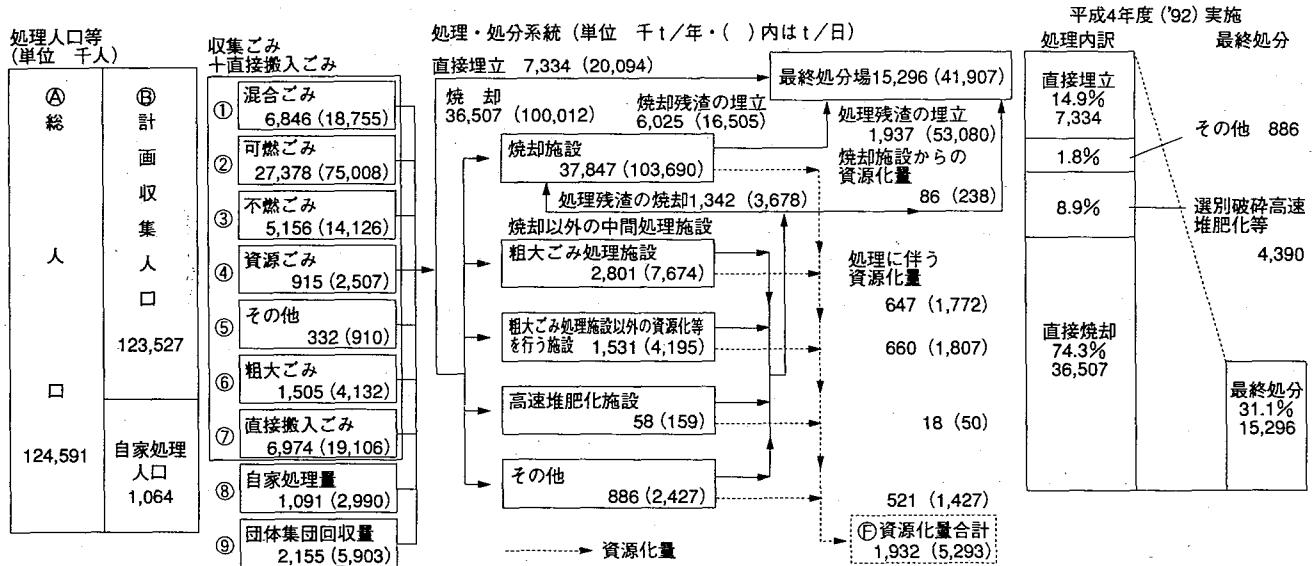


図2 廃棄物の分類



都道府県数 47	施設数と処理能力 (着工ベース)	184,061t/日	①+②+③+④+⑤+⑥=42,131千t/年 (115,428t/日)
市町村数 3,236	焼却施設 1,864カ所	159,623	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦=49,105千t/年 (134,535t/日)
市 663	連続燃焼式 773	22,889	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧=50,199千t/年 (137,531t/日)
町 1,992	機械化パッチ式 877	1,549	1人一日当たり排出量
村 581	固定パッチ式 214	531	= (①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧) / A = 1,104g
事務組合数 880	高速堆肥化施設 28		資源化率 = D (①+②+③+④+⑤+⑥+⑦) / = 3.9%
	最終処理場 2,363		

資料：厚生省水道環境部調べ
出典：(財)厚生統計協会編『国民衛生の動向』(財)厚生統計協会、1995。

図3 ゴミ処理の状況 (平成4年度)

枠外 [] 内は平成3年度のの数値

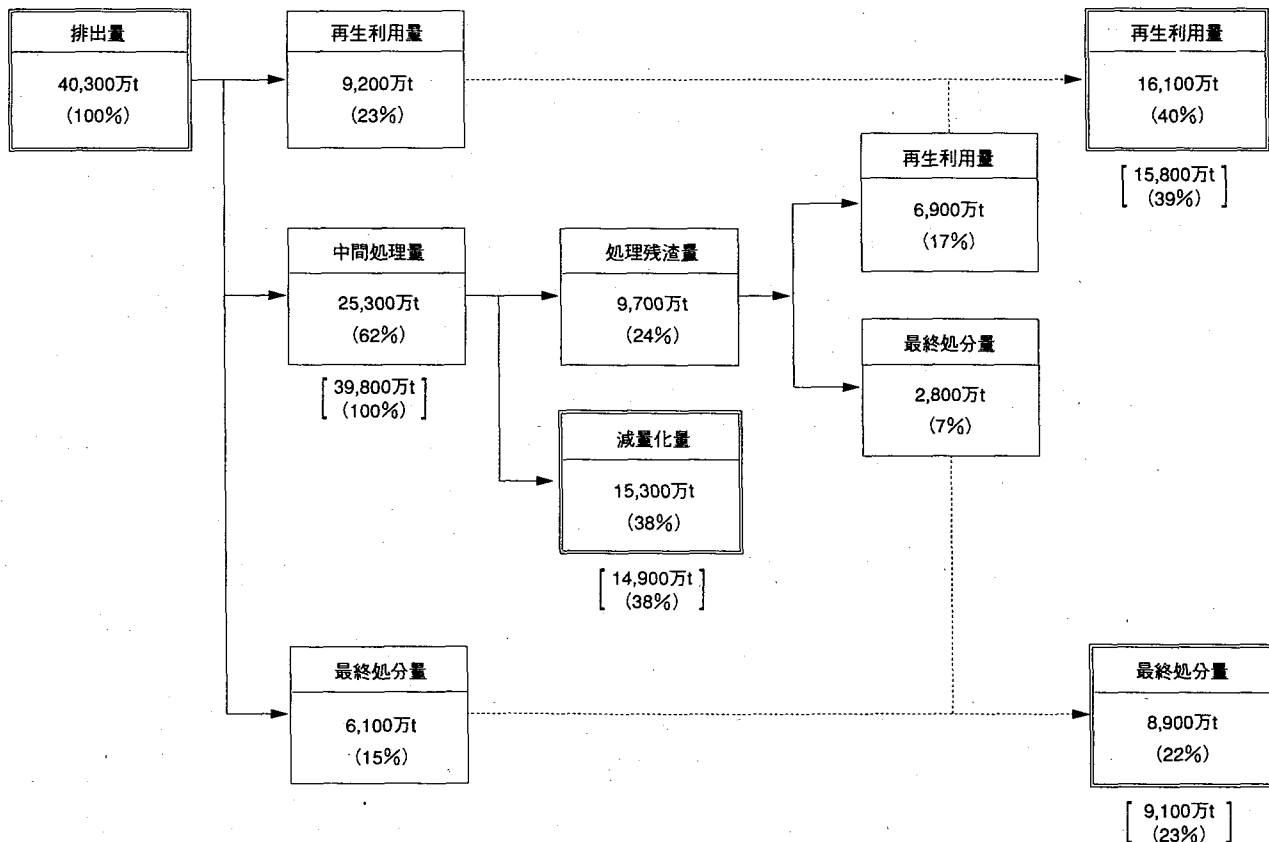


図4 全国産業廃棄物の処理フロー (平成4年度)

最終処分地の確保が比較的容易であることが起因していると考えられる[2]。

3. 最終処分の技術

廃棄物の処理処分は、一般的に収集・運搬・中間処理・最終処分の四つのプロセスで構成される。そして、この四つのプロセスのなかでも、ごみ処理の最後に位置し、ごみ処理を完結する意味においても重要なものが、最終処分の技術である。我国に

おいては、一般廃棄物や産業廃棄物を適正に処理するための施設に対して、各々の最終処分場に係る技術上の基準等で“しゃ断型”、“管理型”、“安定型最終処分場”に規定されている。

ここでは、陸上埋立を中心に環境保全上、効果的で実用的な「管理型最終処分場」の概念と技術について述べる。

3.1 廃棄物の埋立処分

管理型に区分される埋立廃棄物は、長期的には、安定・無害化することにより、周辺環境に悪影響を与えなくなると同時に、

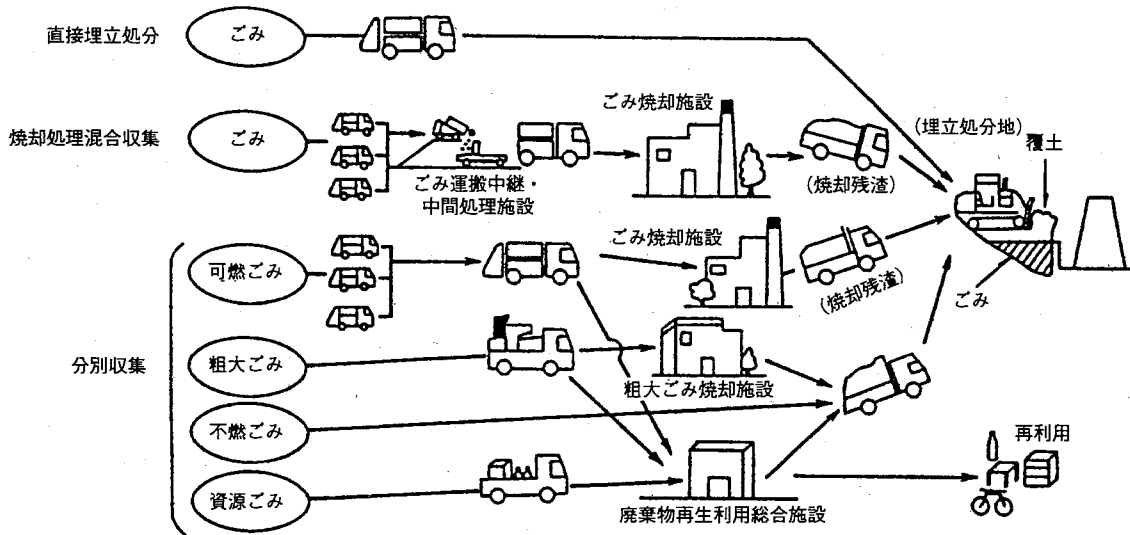


図5 一般廃棄物における収集・運搬・処理・処分フロー

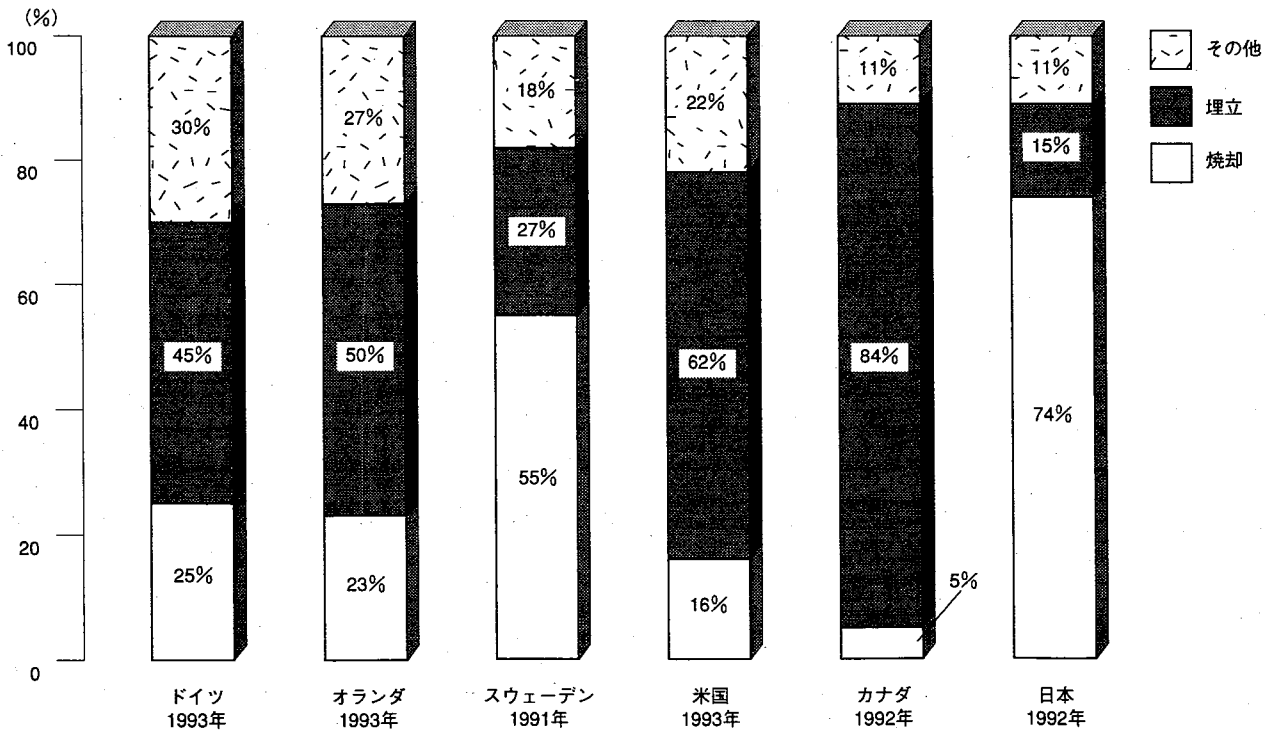


図6 欧米諸国のごみ処理方法

一般土壌と類似した安定化した構造を有する物質に変わると考えられている。廃棄物の埋め立てが進行している段階では、浸出水、そ属昆虫の発生、地盤沈下やガス発生が主たる問題となる。埋立地の安定化が進行していく過程で最も大きな役割を果たすものは、埋立廃棄物層中での生物的作用である。一方、近年では焼却主体の中間処理が普及し、埋立廃棄物は焼却灰や不燃物主体へと移行し、無機塩類が増加した結果、新たに、高塩類問題も顕在化している。しかし、いずれにしても、廃棄物は、多少にかかわらず、分解性有機物を含む関係上、特に生物作用が大きな役割を占めている。埋立廃棄物の安定化作用は、種々の作用が複雑にからみ合っており、非常に長い時間を要する。このことは、公害防止の面のみならず、跡地利用の面でも問題であり、このような問題を改善するためには、埋立地の構造、埋立方法や前段の中間処理法（例えば焼却・破碎・コンポスト・有価物回収等）について、十分検討を行ったうえで最終処分場を計画することが大切である。このため、埋立地の安定化を

きただけ短期間に、しかも安全に終了させるために、埋立地の安定化のメカニズムや埋立地内での諸現象を解明し、埋立地の有する機能を利用出来る埋立工法の開発に努めることが、環境保全上も、経済的にも有効である。またこのことは、埋立跡地を土地資源として利用するためにも極めて重要である。

3.2 埋立地の安定化メカニズム

埋立廃棄物の安定化の作用は、生物的作用に起因するところが大きく、廃棄物が生物的作用を受ける「分解性廃棄物」と物理・化学的作用を主体として受ける「その他の廃棄物」にわけて安定化メカニズムを理解することが重要である[3]。

3.2.1 廃棄物の分解過程

廃棄物中の分解可能な物質としては、厨芥や焼却残渣中の未燃分に代表される易分解の物質や、紙、草木類、汚泥等の中程度から難分解の物質に至るまで、種々の性状のものがある。こ

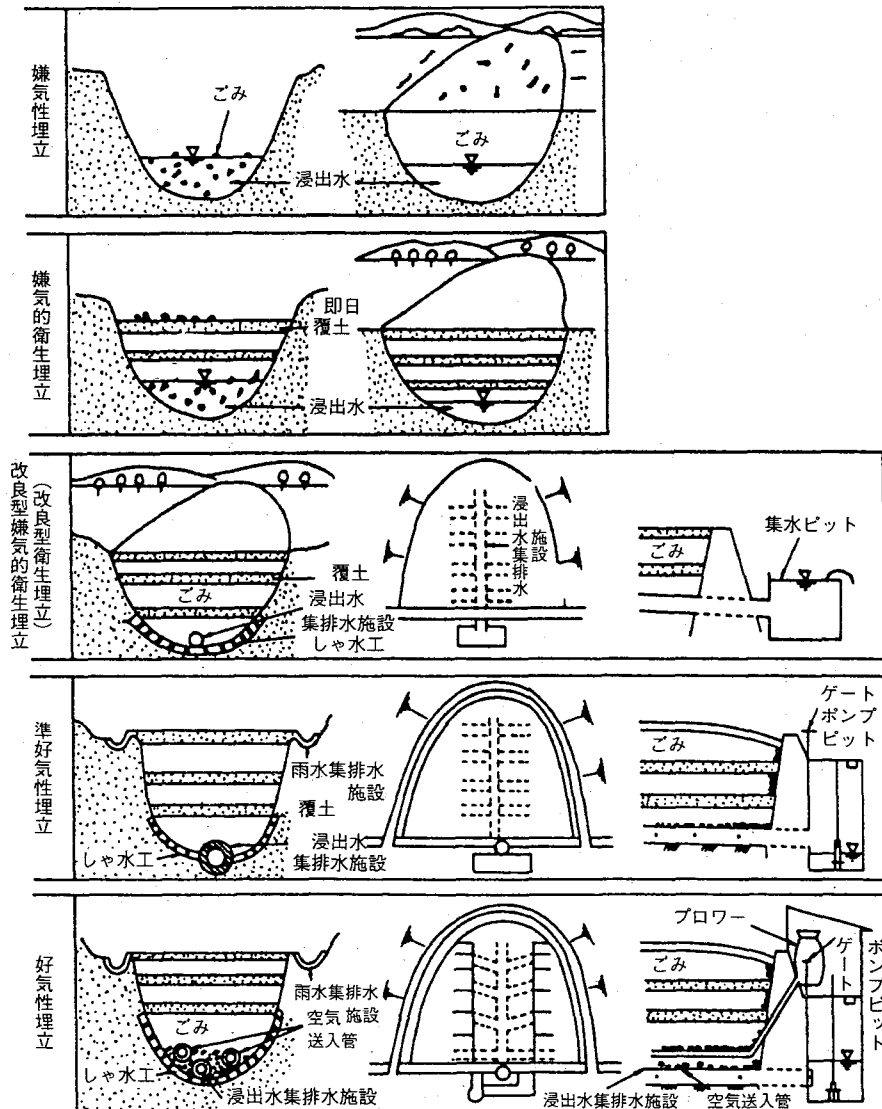


図7 埋立構造の分類

これらの廃棄物を栄養源として増殖する微生物は、廃棄物自体に付着したり、覆土中や空気中から埋立廃棄物層内に持ち込まれることになる。埋立廃棄物層内の微生物増殖活動は、層内の環境によって変化する。この分解過程は非常に複雑であるが、大筋としては、炭水化物やたんぱく質のような高分子化合物が次第に低分子化され、糖類や有機酸、アルコールなどの中間生成物を経て、最終的には水(H₂O)やガス体、無機塩類となり、廃棄物が分解減容し安定化する過程と考えられている。

3.2.2 埋立廃棄物層内での微生物の活動

埋立廃棄物層内の変化は主に微生物作用によるもので、微生物の代謝過程で生産される物質が浸出水の汚濁成分や発生ガス

となる。このため、微生物と廃棄物の処分を考える場合には、微生物の種類や埋立廃棄物の性状のほか、まず第一に、微生物が好気性分解を行うのか、嫌気性分解を行うのかの違いによって浸出水や発生ガスの性状は大きく異なる。微生物を代謝様式の違いによって分類すると、「好気性微生物」と「嫌気性微生物」および「通性嫌気性微生物」に分けることができる。このうち、好気性微生物は、動植物と同様に呼吸をして、栄養物(基質)を酸化することによりエネルギーを得るとともに、炭酸ガスを排出するという代謝を営んでいる。一方、嫌気性微生物は、酸素のない条件下で、発酵によりエネルギーを得るとともに、アルコール類、有機酸、炭酸ガス、メタン、硫化水素などを排出するという代謝を営んでいる。また、通性嫌気性微生物は、酸素の存在下では、好気性微生物、酸素のない条件下では、嫌気性微生物と同様な代謝を営んでいる。埋立廃棄物の安定化という観点からみると、好気性分解のほうが一般に分解速度が速く、嫌気性分解は、有機酸のようなBOD源となる物質やメタンのような可燃性ガス、あるいは、硫化水素のような悪臭ガスが生じるのが特徴である。このため、埋立地の設計を行う場合、埋立地で好気性分解が起こりやすい環境をつくりだすことが、埋立てに伴う二次汚染防止の面からも有効であり、我国の山間埋立の基本概念になっている。

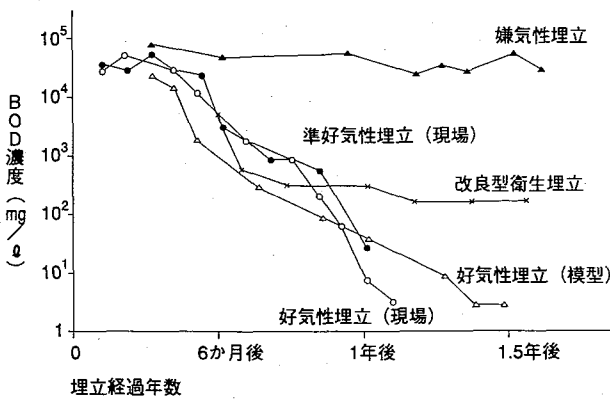


図8 埋立構造と浸出水中のBODの経過変化

3.3 埋立構造

我国において、1960年代後半に埋立地の自浄能力が発見され

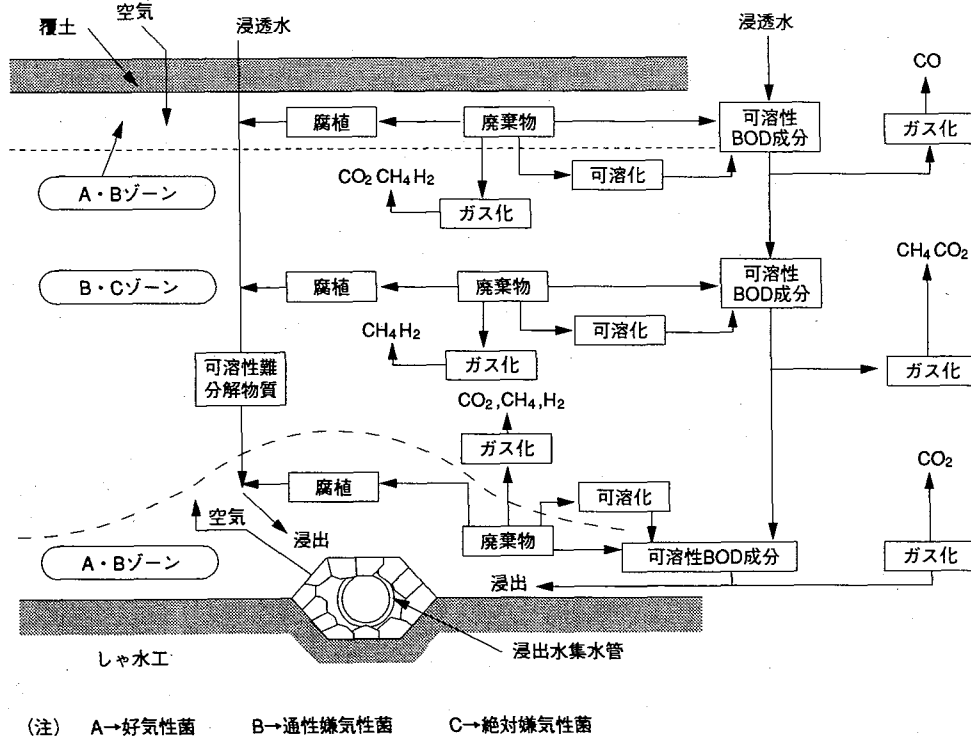


図9 土壌微生物による分解メカニズム

て以来、この能力を十分発揮させるための埋立地の構造が研究され、福岡大学の花嶋らのグループによって「埋立構造」の概念、すなわち、「埋立地が好氣的ならば、埋立地は良好な浄化槽にもなり得る」が確立された。そして、この概念に基づき、埋立地の分類と埋立構造の違いによる浸出水の水質・水量・発生するガスの質・量が大きく異なることが明らかにされた(図7, 8参照)。上記の埋立構造の中で、実用化され、我国で広く採用されて現在に至っているのが「準好気性埋立」である[3]。

3.3.1 準好気性埋立

準好気性埋立とは、埋立地の底部にグリ石と有孔管からなる浸出水集排水管を設け、浸出水をできるだけ速やかに埋立地の系外へ排除し、埋立廃棄物層に浸出水を滞水させないことによって、基礎地盤への浸出水の浸透を防止するとともに、集水管から埋立地内部へ空気を取り込むことによって、埋立廃棄物の分解と浸出水を浄化しようとするものである。つまり、準好気性埋立は、廃棄物の微生物分解に伴う発生熱のため埋立地内部

の温度が上昇し、内部温度と外気温の差によって生じる熱対流により空気が集水管を通して埋立地内部へ導入される埋立地のことである。図9に、準好気性埋立における廃棄物分解のメカニズムを示す。しかし、埋立廃棄物は、たとえ分解性物質であっても全部が微生物によってガス化、可溶化された後の残渣及び微生物の代謝作用により生じた難分解性物質は、中間生成物とともに無機化学的な反応を受け、腐殖を形成するものと考えられ、長期間に亘って、難分解性の着色成分やCOD成分となり、浸出水中に残存することになる。

4. 廃棄物の処理処分の変遷

我国の廃棄物処理処分も経済の高度成長期を迎えて大きく変遷するに至った。廃棄物、中間処理、資源化、最終処分の関係で廃棄物を見ると、図10に示すように時代と共に変化している。そして、1990年代に入って、第二次ゴミ戦争と呼ばれる時代を迎え、新たに廃棄物量が急増し、質が複雑化する下で、1991年

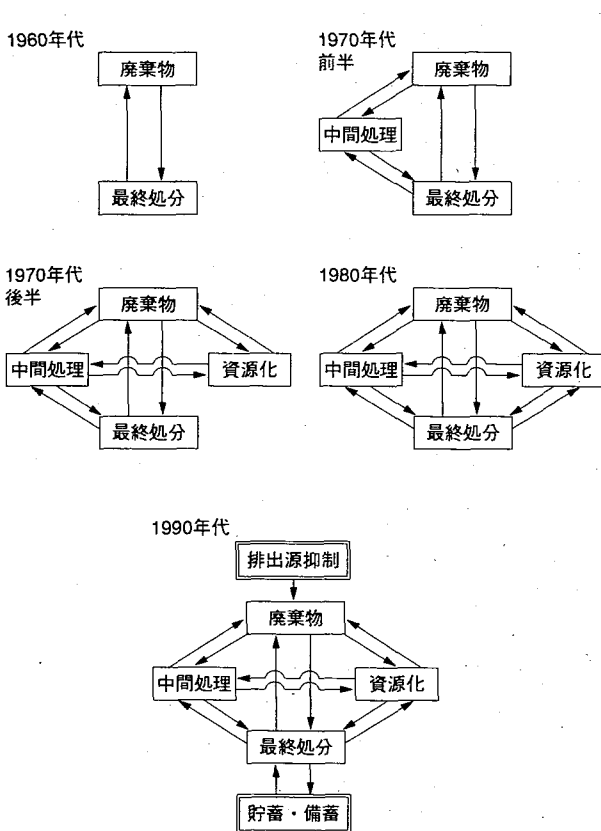


図10 廃棄物処理処分の変遷

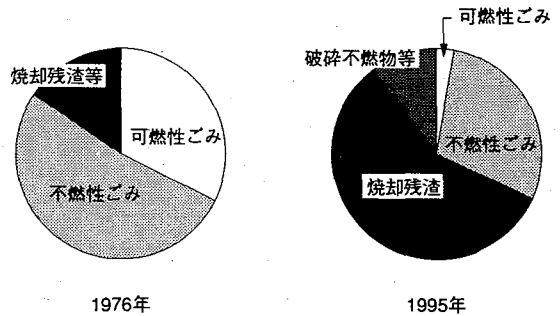


図11 埋立廃棄物の変遷

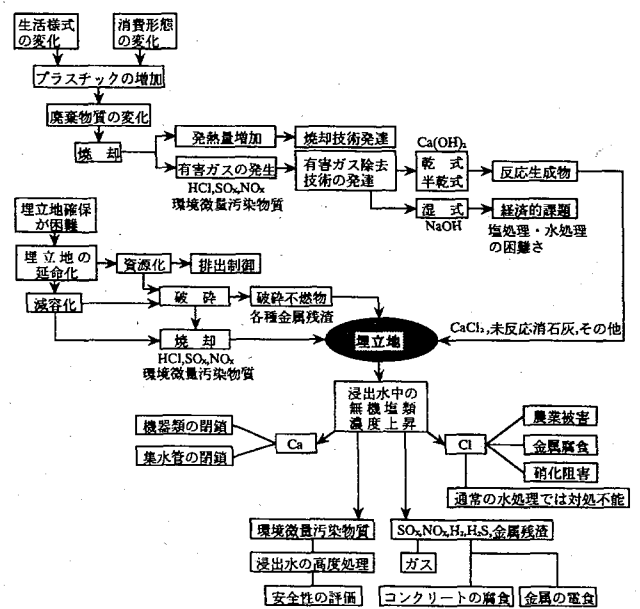


図12 Cl, Caの流れと問題点

「廃棄物処理法」が改正された。新しい法律では、従来からの「排出」された廃棄物を適正処理処分する対策だけでなく、「排出源抑制」が明記され、「リサイクル法」や「容器包装リサイクル法」も施行されるようになり、新たな社会システムづくりも模索され始めている。こうした中で、従来の中間処理・最終処分の機能も更に拡大することが求められ、資源循環型社会の中で共生可能な施設として新しい技術開発が必要となっている。

4.1 埋立廃棄物の変化とごみ処理

廃棄物の中間処理技術とくに焼却技術の著しい進歩と生活様式の変化の中で、中間処理されるごみ質も高カロリー化、低含水率化する一方で、埋立地で処分される廃棄物質も変化している。特に、国土事情の厳しい我国では、近年の焼却処理を主体とした処理の結果、埋立廃棄物は焼却残渣・破碎不燃物主体へと大きく変化して(図11参照)無機化・高塩類化の傾向を示している。これは、焼却処理に伴う、排ガス処理(HCl, SOX, NOX)によって生じる結果であり、浸出水中の塩類問題として顕在化し、従来の有機汚濁物質主体の浸出水処理技術に対して新たなシステムの導入される破碎選別施設から排出される破碎不燃物の増加は、それに混入する金属残渣類も加わって、浸出水の電気分解による H_2 の発生、電食による金属腐食、更には、Mg, SOX, NOX, HCl等によるコンクリートの腐食やFe, Mnの溶出等々の問題を生じさせる原因ともなっている。また、昨今問題となっている、焼却処理に伴う、ダイオキシンに代表される環境微量汚染物質生成問題を考えると、今後上記物質の埋立地内での挙動メカニズムを明らかにした上での浸出水の高度処理も必要となろう。

浸出水中の無機塩類等の濃度の上昇によって生じる問題点を整

理すると図12のようである。図からも明らかな様に、高塩類濃度の浸出水問題は、単に浸出水の高度処理技術の開発に留まらず、埋立地の構造、埋立地建設に伴う材料・埋立方法、埋立地の機能の拡大の必要性まで提起しているものと言える[4]。

5. 21世紀に向けた最終処分技術

「容器包装リサイクル法」の施行を目前に、国民のごみに対する関心も高まっている。また、企業のリサイクルや包装紙の簡素化、市民のごみ減量といった行動も始まっている。更に、厚生省においても焼却処理施設や最終処分場に関する指針の見直しも開始されており、廃棄物の処理システムや埋立廃棄物の変化また埋立地も大巾に変化することが予想される。

しかし、リサイクルは、廃棄物問題を軽減する一つの方法であるが「解決策」ではない。さらに、資源の無い我国が立国する限り、廃棄物量は確実に増え続け、かつ、質的にも複雑になるのは必至である。こうしたなかでは、21世紀に向けた最終処分場は、国民の一人でも多くが、ごみや潜在的なごみ予備軍をよく観察して「自然に戻すべきか、再利用にまわすべきか、捨ててはならないものか、あるいは、生産過程で制御すべきものかまた保存すべきか」の立場で「物」を見る目とライフスタイルを身につけるシステムづくりに積極的に取り組むことが重要である。そして、最終処分場の機能もこれまでの投棄場や処分場としての機能を更に拡大させて、21世紀のための「物」や「潜在的な資源」の「貯留・保管・備蓄の場としての機能」を受認する必要がある。このためには、21世紀の最終処分場として「デポ・ランド(Depo-Land; Deposit Landfill)」構想を提案したい[5]。すなわち、今後の埋立地は、

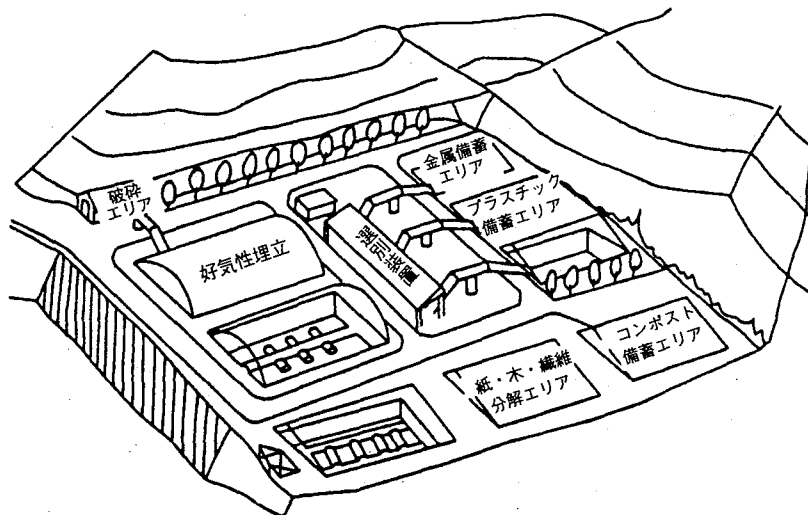


図13 資源回収型好気性埋立システム

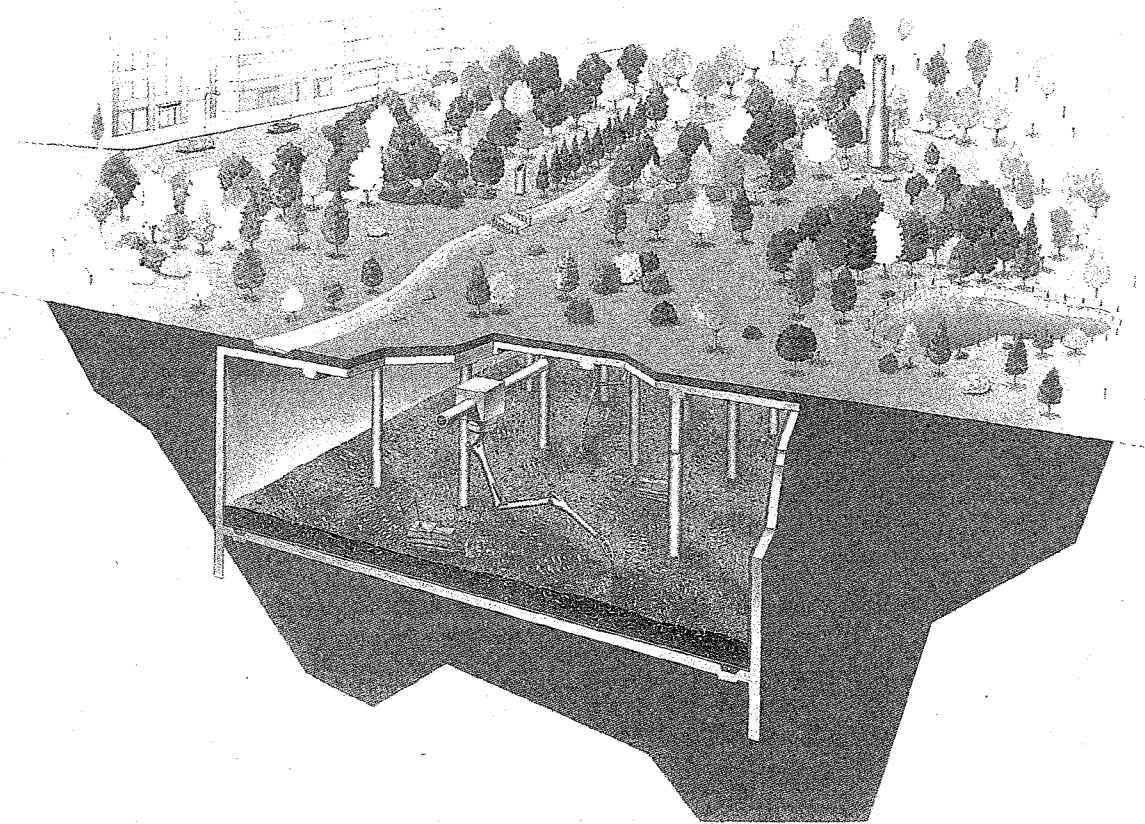


図14 クローズドシステム処分場

- (1) 廃棄物種を分別し、埋め立てる分割埋立システム(図13)
- (2) 浄化・備蓄機能を有する活性化覆土を用いた循環式準好気性埋立システム
- (3) 貯留・保管を前提とし跡地先行利用が可能なクローズド型埋立システム(図14)

等の方向性を有する必要がある。そして、バイオアッセイ(Bioassay)の手法を導入した最終処分場周辺の長期モニタリングシステムの確立を図り、我々の生活と共生できる新しい「デポ・ランド」を一日も早く創出する体制が、今強く望まれている。

参考文献

- [1] 廃棄物学会編：ごみ読本 p.51-61, 中央法規出版(1995).
- [2] 松藤康司：日本における廃棄物の処理処分, 第7回廃棄物学会研究発表会国際シンポジウム資料 p.31-37(1996).
- [3] 廃棄物学会編：ごみ読本 p.123-139, 中央法規出版(1995).
- [4] 廃棄物埋立処理処分部会報告書：埋立地における高塩類問題と技術対応 p.180-183, 廃棄物学会研究委員会(1996).
- [5] 松藤康司：廃棄物最終処分の変遷と環境調和の方向, 「自治体・地域の環境戦略4」 p.203-227, ぎょうせい(1996).