

世界の埋立処分の現状と将来トレンドに関する研究

小川人士、中山裕文、松藤敏彦(リーダー)、吉田英樹、吉田充夫

1. 埋立て選択の背景

すべての中間処理は残渣が残り、埋立てを必要とする。したがって焼却は埋立て前処理と考えるのが正しいが、ごみ処理を考えると焼却か埋め立てかを比較することが多い。焼却炉は19世紀にイギリスで開発され、ヨーロッパ、アメリカに輸出された。しかしイギリスには埋立に適した(空間が用意されているという意味)鉱山跡が多いため埋立が主流となり、アメリカでは排ガスの環境影響と処理にコストがかかるため、焼却は減少した。一方、ドイツ、スイス、ベルギー、フランスでは焼却技術の開発が続き、特にフランスは900万トン、210の施設で焼却し(1999年)、うち76%(ごみ量)を110の施設でエネルギー回収を行っている。しかし欧米全体としてみると、主として、小規模施設の閉鎖のため、焼却施設数は過去15年間減少している¹⁾。

埋立てが選択される理由の第一は、コストの安さにある。表1にGNPを都市ごみ焼却率の関係を示すが、よい相関が見られる。すなわち世界的に見れば、貧しい国は埋立てに頼り、経済的に豊かな国が焼却を選択している。以下では、開発途上国、東欧・バルト海諸国などEU新加盟国の現状について述べ、最後に先進国(米国、西ヨーロッパ諸国)の埋立て戦略について整理し、将来の方向性を考える。

表1 GNPと都市ごみ焼却率の関係

焼却率	一人あたりGNP(2001)			
	>3万ドル	2~3万ドル	1~2万ドル	1万ドル以下
>50%	スイス デンマーク 日本	スウェーデン ベルギー		
20~50%	ノルウェー	オランダ オーストリア ドイツ フランス		
10~20%		アメリカ イタリア		
<10%		フィンランド アイルランド イギリス カナダ	オーストラリア スペイン 台湾 ニュージーランド ギリシャ ポルトガル 韓国	サウジアラビア チェコ ハンガリー ポーランド スロバキア ブラジル トルコ

各ブロックは、上からGNPの多い順
(Bertolini 2003の表を和訳)

2. 開発途上国の状況

世界人口の70%以上を占める開発途上国ではごみ処理は埋立が中心であるが、技術面(ハード)のみならず運営・管理面(ソフト)の未整備という問題を抱えていることが多い。こうした技術面と運営・管理面の状況から開発途上国の埋立地は、概ね以下の3つのグループに分けられる(文献19の分類を簡略化した)。

①オープン・ダンプ(Open Dumps): 単に地面にゴミを積み降ろして投棄するだけの状態であり、ごみの搬入が管理されておらず、処分場(投棄地)の境界が明確でなく、無秩序に積み降ろされるだけなので非効率でごみが散逸する。規模が小さく食品残渣等のみならば自然に分解して問題は発生しないが、開発と市場経済により様々の商品や包装物が進入してくると、一気に問題が顕在化する。低所得の開発途上国の多くはこのタイプであり、特に大都市圏ではその進行は劇的である。野焼きや有価物回収(スカベンジング)が一般的である。

②コントロール・ダンプ(Semi-controlled, Controlled, and Engineered Dumps): 基本的にはオープン・ダンプではあるが、一定の運営管理面での対応が認められる状態である。このグループでは、多少とも管理施設(管理者)が置かれ、処分場の境界が柵や堰堤によって設定される。ごみ搬入管理と計量がされ、場内では搬入道路が一定程度整備され、重機によるごみの移動と転圧などが行われる。また、より進んだ状態では、ごみ散逸や悪臭を避けるため覆土の実行、ガス抜き管設置がなされる(Engineered Dump)。開発途上国で「衛生埋立」と称するものはしばしばこのタイプのものが多い。多くの場合、浸出水が大きな問題となっている。

③各種の衛生埋立(Sanitary Landfills): コントロール・ダンプがさらに改善され、管理が進み、遮水工が施され浸出水対策(循環処理や浄化処理)、やガス対策が講じられる。環境影響監視のためのモニタリングが導入される。

開発途上国の多く、とりわけ低所得の国々においては、埋立に関する現在の課題はオープン・ダンプ状

態をいかに改善していくのかに尽きる。一般的には、オープン・ダンプからコントロール・ダンプへ、そして衛生埋立へと、与えられた条件に応じて段階的に改善していく途上であり、多くは未だ衛生埋立の状態には至っていない。日本のこれまでの廃棄物分野技術協力の経験によれば、埋立の改善レベルは表 2²⁾に示す 4 つの段階（レベル 1 からレベル 4）を設定することができる。なお、マレーシア、イラン、メキシコ、中国、大洋州などでは、現地の条件に対応した準好気性埋立の導入が評価を得ている。

表 2 開発途上国における埋立地の改善レベル

改善課題	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4
管理施設（管理者）の常置	○	○	○	○
搬入ごみの管理と計量	○	○	○	○
搬入道路・場内道路の整備	○	○	○	○
堰堤の設置・埋立地境界の明確化		○	○	○
即日覆土・ガス抜き		○	○	○
ごみ飛散防止移動フェンス			○	○
浸出水循環処理			○	○
遮水工				○
浸出水浄化処理				○

出所：文献20をもとに国際協力機構国際協力総合研修所・小槻作成(2004)

以下に、開発途上国の埋立に関するいくつかの報告を例として挙げる。

(1) エジプト（カイロ）²⁾

都市ごみの 40% は公共が自動車を用いて収集し、埋立地で資源物が選別される。有機物はコンポスト化され、エジプト全体で 55 の堆肥化施設がある。ごみの 40% は Zabbaleen と呼ばれる人たちが人力で収集し、手選別によって紙、金属、プラ、繊維、動物の骨（85%）を回収している。Zabbaleen は南エジプトの移民で、豚、山羊を飼い、家庭からえさとなる食品残渣を集めていたが、ごみの収集、選別にかかわるようになった。埋立地での収集ごみの選別も Zabbaleen が行っている。残りの 20% は収集されずに路上に残され、不定期に収集されている。

(2) インド³⁾

NGO による戸別収集が始まっているが、大部分は共同のオープンコンテナからの収集である。収集されたごみはほぼ 100% がオープンダンプへ運ばれ、一般に広い土地に 1～6m の高さに積まれている。1999 年に、都市ごみ対策のルールが作成され、リサイクル、コンポスト、焼却を進めようとしている。埋立では、衛生埋立とし、搬入物を生物非分解性に限るとしている。

(3) タイ⁴⁾

都市ごみ収集率は 70～80% と高いが、処理の内訳は衛生埋立て 26%、リサイクル 11%、焼却 1%、オープンダンプ 62% であり、オープンダンプの割合が高い。表流水、地下水の汚染、ごみの飛散などが問題となっている。紙、びんなどの家庭での分別は一般的である。コンポストは、質が悪く（重金属の問題）実施は少なく、焼却は高コストと住民の反対のため、限られている。

(4) 中国⁵⁾

都市ごみ発生量 1.4 億トンであり、年率 10% で増加している。組成は厨芥 40～50%、燃え殻 40～50%、紙+プラ 2～7%、ガラス+金属 1～3% である。分別回収はモデル地域のみで一般的ではない。これは、コストがかかる、埋立処分に頼り（回収しても）他の処理方法がない、発生源あるいは収集後に有価物が Waste Picker によって回収されるため分別の必要がない、との理由によっている。

現在は埋立 70%、焼却 10%、堆肥化 20% である。埋立地の 80% はオープンダンプだが、広州、成都、北京などにしゃ水、メタンガス回収・発電、浸出水処理を備えた最新の埋立地が建設されている。シンセン、杭州、北京では発電つき焼却施設が建設され、上海、広州、ハルビンなどでも建設を計画している。コンポスト化施設は 90 年代に建設されたが、ほとんどは露天堆肥化であり、質が悪く、売却できないとの問題があった。2000 年に「都市ごみ処理および汚染予防技術政策」を立て、5 年間の重点目標として衛生埋立技術・設備、焼却技術・設備、堆肥化技術・設備、資源回収利用技術、運搬設備の研究・開発を挙げている。

(5) Waste picker の問題

以上のようにオープンダンプの衛生埋立化、その他の近代的施設の導入、定期的なごみの収集など、途上国は多くの課題を抱えているが、社会的な問題として waste pickers の存在がある。彼らはスカベンジャーとも呼ばれ、ごみの中から有価物を回収し、売って生計を立てている。家庭、店、路上からの回収も

あるが、多くは埋立地周辺、あるいは埋立地内に住んでいる。Garcia ら⁶⁾は waste pickers の数を表 3 のように推定している。上記のエジプト、中国の例に挙げたように彼らは生計を立てるためにごみの中から有価物を回収する。表 4 はごみ処理において彼らがどれだけの寄与をなしているかを示している。先進国での高コストの収集システムと較べて効率的な資源回収システムであると見ることもできるが、informal sector の公式な関与が必要とされている。

表 3 Waste pickers の数

都市、国	Waste Pickersの人数	人口比 [%]
コロンビア	50,000	0.15
リマ (ペルー)	5,000	0.07
バンガロア (インド)	25,000	0.5
上海 (中国)	10,000	0.1
カラチ (パキスタン)	20,000	0.2
ボンベイ (インド)	35,000	0.04
ダレスサーラム (タンザニア)	600	0.04
ダカール (セネガル)	200,000	10

(Garcia 2001の表を和訳)

表 4 廃棄物処理におけるインフォーマルセクターの寄与

都市、国	ごみ減量の割合 [%]
リマ (ペルー)	7
カリ (コロンビア)	4
メキシコ	10
インド	7~8 / 15
バンガロア (インド)	40 *
ブーン (インド)	25
カラチ (パキスタン)	10
ボンベイ (インド)	8
ダレスサーラム (タンザニア)	0.2

*Waste pickers は8.6%

(Garcia 2001の表を和訳)

3. 準先進国 (EU 新加盟国) の状況⁷⁾

2004 年には 10 カ国が EU (欧州連合) に加盟し、2007 年にはさらに 2 カ国が加盟を予定している。これらの国はいわゆる西欧と較べると経済的には発展途上過程にあり、廃棄物に関しても多くの問題を抱えている。以下にその例を示す。

(1) ポーランド

ヨーロッパ諸国の中でも廃棄物発生量が多い。産業廃棄物の半分は埋立てられており、処理されているのは 0.3%のみである。焼却は行われていない。有害廃棄物のうち処理されているのは 26%のみで、残りは環境中へ排水として排出されている。家庭ごみの収集率は 50%強にすぎず、大部分は分別されずに埋立てられている。都市ごみのリサイクル率は 2.4%である。

(2) チェコ共和国

焼却率は低く、特に有害廃棄物は 3%にすぎない。またオープンダンプ、不法投棄といった過去の遺産が多く残されている。エネルギー、鉱業、冶金などの製造業が民営化されたが、グリーン製造に関する十分な考慮がなされなかったため、大きな環境汚染が発生している。汚染物削減は End of Pipe 対策にとどまっている (上流対策ができていない)。国、市民とも、環境の持続性に対する関心が欠けている。

(3) ラトビア

ごみの収集率は全廃棄物の 55%、全人口の 60%であり、森、路上、水域への投棄がなされている。国としての廃棄物処理システムができておらず、記録がない (国がデータを持っていない)。国内での容器包装製造はないが輸入が増加しており、リサイクルはされていない (法律もない)。リサイクル、熱回収の施設がない。リサイクラーは収集に補助がある国の資源物を使った方がいいため、回収を行わない。

(4) リトアニア

有害廃棄物、家庭系ごみの大部分は埋立てされているが、大部分の埋立地は EU の基準を満足しない。埋立地は 800 箇所あり、うち 300 が供用中である。しかし 2009 年までに、すべて閉鎖あるいは近代的埋立地に代えなければならない。非有害廃棄物のうちリサイクルされているのは 22%である。

以上のような EU 新加盟国共通の問題は、表 5 のようにまとめることができる。

表 5 EU 新加盟国共通の問題

都市ごみ収集率は100%ではない。
不適正処分 (illegal dumping) が一般的である。
市民の関心・参加率が低い。したがって、減量化が容易でない。
リサイクル率が低い (平均8.6%)
回収・リサイクル設備への投資が限られている。
84%が埋立てされている。(焼却に対する嫌悪と、埋立が安いため)
焼却技術も十分でない (substandard)。3t/hr以上の焼却施設は7つのみ。
自治体の経験、技術が不足している。情報交換ネットワークが不備であり、技術開発、移転も不十分。
不十分な設備、行政能力、EU基準に対する認識が不足している。(EU基準を満足するための障害となる)

4. 米国の安定化戦略

欧米では、いわゆる封じ込め型埋立地 (Containment landfill) を標準としてきた。上部からの浸透を最小限にすることで浸出水量を減らして浸出水処理コストを削減し、漏水ポテンシャルを小さくするため、埋立終了後低透水性のトップカバーを敷設するものである。米国の都市ごみ埋立地 (Subtitled landfill)

は HDPE シートと 2 フィート厚以上の圧縮粘土の複合ライナーによる底部しゃ水が必要であるが、埋立地終了時には底部しゃ水と同程度かそれ以上のしゃ水能力をもつ Final cover を設置しなければならないとしている (CRF 258.60)。しかし廃棄物が分解せずにいつまでもとどまるため Dry tomb (乾燥したごみの墓) と呼ばれ、環境リスク発生を長期化させるだけとの批判がある。

そのため北米では微生物活動の活発化によって廃棄物の安定化を促進する Bioreactor landfill を標準とする動きがある。埋立地自体、微生物分解が廃棄物安定化の主なメカニズムなので生物反応器 (バイオリクター) であるとの考え方は古くからあるが、pH、廃棄物の粒径、栄養、温度制御、水分の制御、さらには微生物植種なども行って「工学的に分解条件の最適化をはかる」⁸⁹⁾もので、これらの要因のうち最も重要なのが水分である。1980 年代から広く行われていた浸出水再循環のみではなく、嫌氣的分解を最大化するために廃棄物層を一樣に最大水分保持状態に保つことが目標となっている。したがって、浸出水以外にも、雨水、汚水処理水なども利用する。SWANA (北米廃棄物処理協会) の調査によると、1997 年の時点で Bioreactor を認めていたのは 6 州のみであったが¹⁰⁾、大型ライシメータ、あるいは実規模での実験が行われており、米国ではカリフォルニアの Yolo County 埋立地 (ごみ量 8000 トン、深さ 12m のセルが 2 つ) など、4 つの大規模プロジェクトが進行中である。

5. 欧州の安定化戦略

欧州の埋立地も米国と同様な封じ込め型であったが、1999 年公布の EU 埋立指令によって大きく変わろうとしている。埋立指令の主な内容は①埋立地の分類: 有機物、有害廃棄物、非有害廃棄物、安定廃棄物)、②埋立禁止 (液状廃棄物、爆発性・腐食性・酸化性・引火性廃棄物、感染性廃棄物、研究等に使用した環境影響が未知の化学物質、使用済みタイヤ、未処理の廃棄物)、③廃棄物は埋立される前に、前処理をしなければならない、④生物分解性廃棄物の埋立量を減少する、ことである。③④によって混合埋立を改める必要が生じ、④の生物分解性有機物量は 1995 年を基準として 2006 年までに 25%、2009 年までに 50%、2016 年までに 65% とすることが具体的に定められている。この達成のために考えられたのが

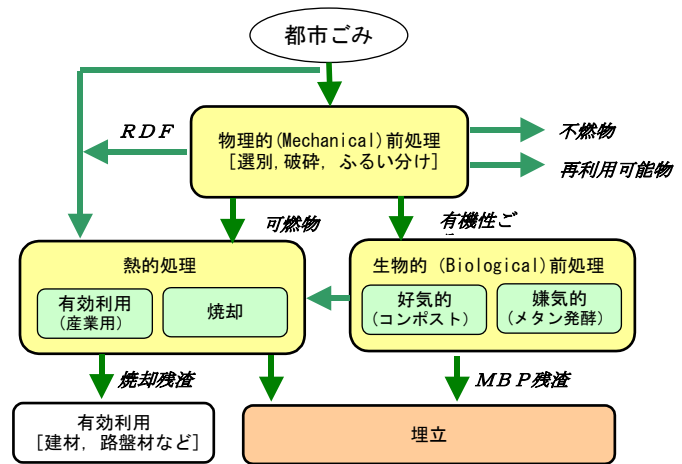
MBP (Mechanical Biological Waste

Pre-treatment、物理・生物的前処理) である。

図 1 にフローの例¹¹⁾を示すが、混合ごみを、破碎、選別、ふるい分けによって可燃物、不燃物、有機性ごみに分け、可燃物は熱処理 (エネルギー回収)、有機性ごみは生物処理 (好気性または嫌気性) し、それらの安定化物を埋め立てるものである。ドイツでは表 6 に示す MBP 処理物埋立基準が設けられた。ここで AT、GB はそれぞれ好氣的、嫌氣的な雰囲気での酸素消費量、ガス発生量であり、生物分解活性を直接測定する指標である。

MBP は要するに破碎選別による可燃分の回収と有機物堆肥化であり、わが国の RDF 化施設にもこのような、堆肥化を平行しておこなう施設があった。

表 7 は、EU 埋立て指令に対して 2002 年に示された非有害物埋立地の受入基準である (2003/33/EC)。MBP はこの基準を満たすことができるのかとの疑問、また処理プロセスは図 1 に示



(Scheelhaasらの図より作成)

図 1 MBP のフロー例

表 6 ドイツにおける MBP 処理物の埋立基準 (AbfAb IV (2001))

項目	単位	基準値	内容
AT ₄	mg O ₂ (gTS) ⁻¹	5	酸素雰囲気における4日間の生物学的酸素消費量
GB ₂₁	ml (g TS) ⁻¹	20	21日間の嫌気ガス発生可能量
TOC _{Eluat}	mg l ⁻¹	250	溶出試験 (L/S10, 24時間) におけるTOC溶出量
H ₀	kJ kg ⁻¹	6000	発熱量
TOC	TSあたり重量%	18	乾燥固形物 (TS) あたりのTOC

すように複雑であり、前処理物中の生物分解性有機物低減が焼却には及ばないことから、「MBP が採用されるのは、これまで多大の投資をした埋立地の使用をやめ、新たに建設費の高い焼却炉を建設することが困難である、という経済的・政治的な理由によるもので、将来は焼却をすることになる」¹²⁾との意見がある。

6. 埋立地好気化の動き

「欧米の埋立地は嫌気性であり、わが国が準好気性を標準としているのとは大きな違いがある」というのが一般的理解であると思われる。しかし Cossu¹³⁾はわが国の準好気性埋立地に注目し、MBP と準好気性を組み合わせ

た実験を行っている。PAF (Pretreated Aerobic Flushing) モデルと呼んでいる。Flushing とは水分流動による洗い出しのことで、特にアンモニア、無機イオンの低減が目的であり、通常の Bioreactor のうち洗い出しも同時に目的としているものは Flushing Bioreactor と呼ばれている¹⁴⁾¹⁵⁾。

また米国のバイオリアクターは当初は生物分解、メタンガス回収の効率化を目指したものであったが、現在では水分に次いで嫌気/好気状態が重要なパラメータあるとし、EPA は好氣的、嫌氣的、ハイブリッド (好気-嫌気) の3種類に分類している。ハイブリッドとは好気、嫌気を切り替えるもので、Reinhart ら¹⁰⁾は、「短時間の好気化によって温度を上げて嫌気分解を促進する、嫌気分解後の余剰水分を除く、硝化・脱窒を促進する、などの利点がある」と述べている。SWANA は、バイオリアクターを「廃棄物の生物学的安定化を促進するために、廃棄物層への水分あるいは空気供給を制御する埋立地」⁹⁾と定義している。さらに、埋立て終了後の古い埋立地に強制通気を行い、安定化を促進することが行われている。たとえば Heyer ら¹⁶⁾は底部ライナーのない埋立地 (埋立面積 3.2ha) 内に空気圧入管、ガス抽出管を打ち込み (供給-抽出は交互に切り替える)、埋立地全体 (landfill body) の完全な好気化を図っている。Cossu ら¹⁷⁾は高速鉄道建設のため廃棄物を取り除く必要があり、バイオガスと浸出水発生の問題を解決するため、やはり現場でのエアレーションを行った。

このように埋立ては好気化、湿潤化に向かっている。

7. 将来の方向性

これらの欧米の動きは、Stegmann¹⁸⁾による図2にまとめられている。左が米国の Bioreactor、中が EU の MBP 埋立、そして右が可燃物 (あるいは混合ごみ) の焼却であり、右に行くほど廃棄物は無機状態となり、安定化度合いが高まる。5で述べたように、EU は長期的には焼却に移行すると予想され、北米の Bioreactor との両極化が進むかもしれない。

MBP、焼却は埋立地へのインプットを制御する前処理である。これに6で述べた傾向を併せると、埋立地戦略を①搬入物、②水分、③好気/嫌気の3つのコントロールの組み合わせとして図3のようにまとめることができる。

図3(a)は②③の関係であり、左下から右上に向かう傾向があり、制御もアクティブになっている。図3(b)は①のコントロールで、EU では前処理が考えられているが、有機性廃棄物を bio-waste として分別収

表7 EU埋立て指令による廃棄物受入基準 (非有害物埋立地)

	L/S=2 l/kg mg/kg-dry	L/S=10 l/kg mg/kg-dry	C ₀ mg/l
Cd	0.6	1	0.3
Cr-total	4	10	2.5
Pb	5	10	3
塩化物	10,000	15,000	8,500
フッ化物	60	150	40
硫酸塩	10,000	20,000	7,000
DOC*	380	800	250
TDS**	40,000	60,000	-

C₀: カラム試験においてL/S=0.1 l/kgまでの最初の浸出液濃度
* L/S=2 (pH調整なし)でDOCが基準に満たない場合、pHを7.5-8.0に調整しL/S=10で試験する。

**TDSは塩化物、硫酸塩の代わりに使うことができる。
(注: これ以外As, Ba, Cu, Hg, Mo, Ni, Sb, Se, Znの基準値がある)

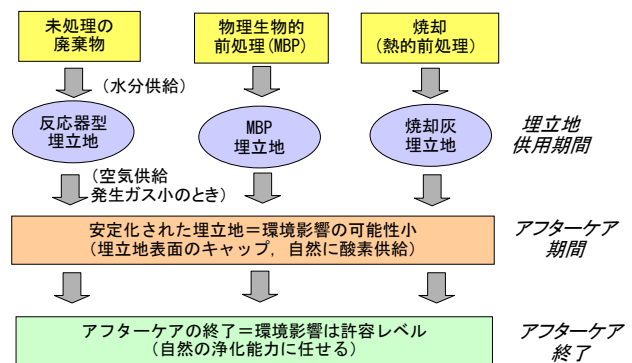


図2 埋立地の安定化戦略 (Stegmann ら 2003 の図を和訳)

集することが始まっている。
 こうした方向性は、わが国では準好気性埋立て、および可燃ごみ、不燃ごみの発生源分別としてすでに実施しており、持続可能な埋立地のトップランナーであったといえる。さらに進んでより完全な無機化（溶融スラグ化）も行われているが、処理システム全体としての環境影響を最小化することになるのか、事業系を含めたごみ全体をコントロールできているかなど、解決すべき課題が残されている。

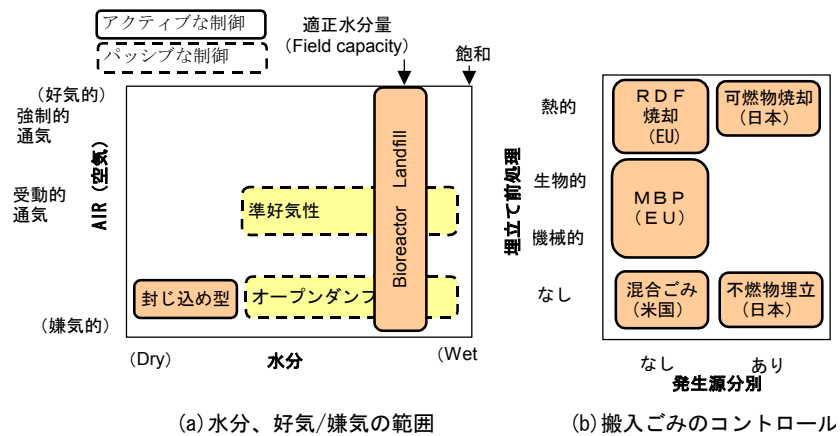


図3 埋立地戦略の分類

参考文献

- 1) G.Bertolini: Worldside variations in municipal waste combustion and the reasons for them, Waste Management World, November-December 2003, pp.31-37
- 2) C.Collivignarelli, S.Sorlini, S.Cavallari, M.Vaccari: Waste Management and Recovery in the Developing Countries, Sardinia 2003
- 3) N.Damodaran, A.Robinson, E.david, N.Kalas-Adams: Urban solid waste generation and management in India, Sardinia 2003
- 4) J.Sakulrat, S.T.S.Yuen, J.B.Joseph: Municipal solid waste management in Thailand, Sardinia 2003
- 5) 汪群慧、孫曉紅、李国進、尾川博昭：中国都市ごみの処理現状と対策、廃棄物学会誌、14(3)、pp.158-164、2003
- 6) A.L.E. Garcia, J.M.M.Jofre, M.S.Narea, I.T.Monzon: The other dimension in waste management: Informal sector and socio-labour insertion, Sardinia 2001, pp.589-596
- 7) E.Cameron, L.Gardiner: Catching up fast, Waste Management World, May-June 2004, pp.61-69
- 8) D.R.Reinhart, T.G.Townend: Landfill Bioreactor Design and Operation, Lewis Publishers, p.3, 1998
- 9) Office of Solid Waste: Bioreactors, U.S.EPA ホームページ
- 10) D.R.Reinhart, P.T.McCreanor, T.Townsend: The Bioreactor Landfill: Its Status and Future, Waste Management & Research, 20, pp.172-186, 2002
- 11) T.Scheelhaase, D.Capelletti, G.Giannini, K.U.Heyer, K.Hupe, R.Stegmann: An Integrated Waste Management Concept including Mechanical-Biological Pretreatment for the Region of Emilia-Romagna in Italy, Sardinia 2001, V139-146
- 12) P.H.Brunner 談（東條安匡氏ヒアリング）
- 13) R.Cossu, R.Raga and D.Rossetti: Experimental Reduction of Landfill Emissions Based on Different Concepts. The PAF Model, Sardinia 2001, pp.I219-230.
- 14) M.Karnik and C.Parry: Cost Implications of Operating Landfills as Flushing Bioreactors, Sardinia 97, pp.419-425.
- 15) A.N.Walker, R.P.Beaven, W.Powrie: Overcoming Problems in the Development of a High Rate Flushing Bioreactor Landfill, Sardinia 97, pp.397-408.
- 16) K.U.Heyer, K.Hupe, J.Heerenklage, M.Ritzkowski, F.Dalheimer, R.Stegmann: Aeration of Old Landfills as an Innovative Method of Proess Enhancement and Remediation, Sardinia 99, pp.IV563-571.
- 17) R.Cossu, R. Raga and D.Rossetti: Full Scale Application Of In Situ Aerobic Stabilization of Old Landfills, Sardinia 2003
- 18) R.Stegmann, K.-U.Heyer, K.Hupe : Discussion of Criteria for the Completion of Landfill Aftercare、Sardinia 2003
- 19) L.M. Johannessen and G. Boyer : Observation of solid waste landfills in developing countries: Africa, Asia and Latin America. Urban & Local Government Development Working Paper Series 3, The World Bank 1999.
- 20) Y. Matsufuji: A Road to Sanitary Landfill. Hagesco Utama Sdn. Bhd.: Kuala Lumpur 1997.
- 21) 国際協力機構国際協力総合研修所：開発途上国廃棄物分野のキャパシティ・ディベロップメント支援のためにー 社会全体の廃棄物管理能力の向上をめざしてー。 独立行政法人国際協力機構 2004.