

[委員会報告]

廃棄物海面埋立環境保全調査

STUDY ON ENVIRONMENTAL PRESERVATION FOR FINAL DISPOSAL OF SOLID WASTE IN SEA

土木学会環境工学委員会
広域処分小委員会

*Environmental Engineering Committee
Subcommittee on Regional Waste Disposal*

1. はじめに

平成9～11年度の3ヶ年において行った本委員会の調査項目は、埋立処分量最小化への対応から始まり、広域輸送、溶融処理による最終処分量の削減、リサイクル問題、処理場建設に際しての住民参加問題、海面埋立処分の際の環境保全、埋立法の高度化、海面埋立跡地利用に関する検討まで海面埋立に関する多くの課題について取り組んでいる。

なお、広域処分小委員会の委員、及び幹事は次のとおりである。

委員長：花嶋正孝（福岡大学）、副委員長：田中勝（国立公衆衛生院）、幹事長：井上雄三（国立公衆衛生院）、委員：今岡務（広島大学）、大西有三（京都大学）、金谷健（滋賀県立大学）、川島尚（川崎市）、河原長美（岡山大学）、北脇秀敏（東洋大学）、杉山吉男（(財)かながわ廃棄物処理事業団）、田澤眞樹（東京都）、古市徹（北海道大学）、山本和夫（東京大学）、委員兼幹事：宮脇健太郎（福岡大学）、協力委員：山田規世（(株)建設技術研究所）。所属は、平成12年3月現在のものである。

2. 埋立処分量最小化への対応

(1) 埋立処分場の延命の必要性

日本は、他国と比較して人口密度が高く、しかも都市部に産業、人口が集中している。人口が集中する都市では、廃棄物の発生密度も高くなるが、その反面空間資源は不足し、廃棄物を処理・処分する施設、特に広大な敷地を要する最終処分場の整備は年々困難になってきている。さらに、最終処分場の建設は、周辺環境への影響の不安から住民の理解が得にくく、施設の新設整備はほと

んど進まない状況となっている。産業廃棄物最終処分場の新規許可件数は、96年度に193件、97年度に129件、98年度も129件と推移してきたが、99年度上半期は9件と激減している。処分場の確保は少ないながらも、中間処理等による最終処分量の減量化もあって処分場の残余年数は確保されてきたところである。しかしながら、産業廃棄物処分場に関しては処分場新設の激減の影響もあり、96年末現在で3.1年分あった残余年数が99年9月現在でわずか1.6年分という厚生省の報告が出されている。わずか2年半でほぼ半減しており、日本経済に悪影響を及ぼしかねないほどの危機的状況にある。

埋立処分場を確保するにあたって、内陸部では土地が高度に利用され埋立に必要な用地がない場合は、海面に処分場を求めるしか方法が残されていない。湾岸はいろいろな用途に使用され貴重な空間でもあり、長期的観点から海域を適正に利用保全することを考えると、海に面した自治体だけが海面を使うのではなく、個々の湾岸の区域を超えて広域的観点から対応することが望まれる。今後、安定した経済成長や国民生活を維持するためには、廃棄物の減量化、再資源化を促進し、埋立処分地の延命を図ることが緊急な課題となっている。

(2) 埋立処分量最小化への地方自治体の選択

多くの自治体では、埋立処分場の延命を図るため、可燃物は全量焼却により減量することが基本となっている。処理対象ごみの一部、厨芥類等の有機ごみを堆肥化したり、動物の飼料として利用する試みが行われている。特に堆肥化では、発生源である家庭で行うコンポスト容器等の家庭用ごみ処理機が減量に大きな役割を果たしている。また、資源ごみ、分別ごみとして紙、ガラス、金属等を分別収集し、①資源化施設で更に選別再資源化を図

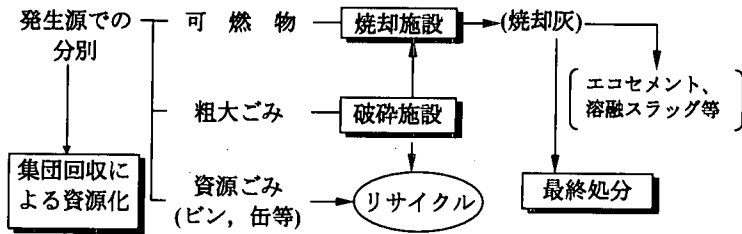


図-1 最終処分量を最小化する廃棄物処理システム

表-1 日本の13大都市のごみ処理の状況

	総排出量 (万t)	分別方法					資源化率 (%)	焼却率 (%)	最終 処分量 (%)	年間一人 あたりの 排出量(kg)
		混合	可燃	不燃	資源	粗大				
札幌市	92.8	—	○	○	○	○	5.5	73.1	33.5	515.4
仙台市	46.5	○	—	—	○	○	6.3	90.9	16.2	466.1
千葉市	37.0	—	○	○	○	○	13.0	85.1	14.7	424.7
東京特別区部*	396.6	—	○	○	○	○	8.2	85.1	22.7	489.8
横浜市	158.6	○	—	—	○	○	2.8	96.1	20.2	470.7
川崎市*	56.8	○	—	—	○	○	14.3	85.5	14.1	461.7
名古屋市*	110.2	—	○	○	○	○	7.0	80.1	25.4	511.0
京都市	79.7	○	—	—	○	○	2.7	91.3	21.2	545.6
大阪市	187.1	○	—	—	○	○	1.5	91.3	28.2	722.4
神戸市	87.7	○	—	—	○	○	0.2	80.6	19.3	615.2
広島市*	43.9	—	○	○	○	○	11.3	72.6	25.1	391.8
北九州市	50.4	○	—	—	○	○	2.4	94.4	20.8	496.6
福岡市	73.2	—	○	○	—	○	3.1	87.9	21.2	550.5
全国	5043.9						5.9	76.9	26.0	401.0
東京都三多摩地区	132.0	—	○	○	○	○	17.4	79.7	12.4	346.8
東京都三多摩地区*	141.5	—	○	○	○	○	22.8	74.4	11.6	371.8

(注1) 全国は1996年度、神戸市は1997年度、それ以外は1998年度データ

(注2) *印は総排出量及び資源化量に集団回収を含む

(注3) 神戸市は家庭ごみ(生ゴミ、紙書類等)、荒ごみ(家具、電気製品、プラスチック、金属、ガラス類等)、空き缶・ペットボトル、事業系ごみという呼び名で分別収集している

(注4) 資源化率=資源化量/総排出量

焼却率=焼却量/総排出量

最終処分量=最終処分量/総排出量

年間一人あたりの排出量=総排出量/人口

る場合、②粗大ごみ(家電製品や家具類等の大型ごみ)を破碎し、素材別に有価物を選別、回収する場合がある。各自治体では、図-1に示すようにこうした様々な手法を組み合わせ、リサイクルを促進し最終処分量の最小化が図られている。最近では、焼却灰の溶融スラグ化、エコセメント化等の技術開発も進んでおり、最終処分量最小化への努力が続けられている。これらの技術や施策の選択には、今後の最終処分場確保の可能性や技術の成熟度、経済性が重要な評価項目となる。

(3) 埋立処分量の最小化に向けて

リサイクルシステムや廃棄物処理システムの段階的改善により処分場への負荷を抑制するとともに、物質循環の上流に遡って、ものの生産・流通・消費という各段階

から、ごみの発生排出を抑制していくことが必要である。自治体によっては処分場の確保が不可能なところもあり、これまで実施されてきた施策に加えて、規制の措置、経済的手法等の様々な施策についても適宜導入を図り、埋立処分対象量の最小化を推進する必要性が高まっている。

一般廃棄物の処理及び最終処分の状況を見ると、ごみ排出量に対する最終処分量の割合が、全国では26.0%(96年度)であるが、三多摩では12.4%(98年度)と大幅な減容化がなされている。ごみの再資源化と直接埋め立ての削減が効果を上げていると考えられ、新たな最終処分場の確保が厳しい状況にある三多摩地域の取り組みがうかがえる。全国13大都市のごみの資源化率等を表-1にまとめたが、三多摩の資源化率は非常に高く、年間一人あたりのごみ排出量も他の都市と比較して少ない。



図-2 理想とする広域輸送システム概念図

3. 広域輸送と最終処分問題

廃棄物処理には、解決すべきさまざまな問題がある。例えば最終処分場の候補地選定の難しさ、迷惑施設としての住民感情の悪さ、小規模焼却炉からの有害物の発生、リサイクルの採算性の悪さや回収された資源の市場性の悪さ等枚挙にいとまがない。

こうした問題を解決するための一つの解決策がごみの広域輸送である。処理・処分場が限定された場合にやっかいな存在になる廃棄物も広域輸送することにより他の地域で資源として利用できる可能性がある。例をあげれば寒冷地での大規模焼却炉による熱供給、農地でのコンポスト利用やセメント工場での RDF 利用、海面処分場における土地の創造などである。また最近では容器包装リサイクル法等により回収された資源を効率的に再生するためには広域輸送が大きな役割を果たすと考えられる。このような背景のもと、本項では広域輸送が循環型社会の構築に寄与する点を検討した。

海面埋立処分場は、従来都市部に近い内湾を埋立して行われていたが、利用価値が高い内湾の面積を減じるより外洋を埋め、多目的利用が行える土地と海岸線とを創造の方が国土創造としての付加価値が高いと考えられ

る。広域輸送と海面埋立、国土創造というキーワードを念頭に描いたものが図-2（参考文献：廃棄物学会自主研究グループ、平成9年度廃棄物学会自主研究、廃棄物の広域輸送に関する研究）である。図は鉄道輸送等の広域輸送手段を中心に据えて循環型社会のあるべき姿を描いたものである。

4. 都市ごみ溶解スラグの道路路盤材へのリサイクル可能性の需要面からの検討

最終処分場の残余年数は短く、最終処分量の削減が課題となっている。そのための方法の一つとして一般廃棄物（焼却灰）溶融技術は、ごみ排出量の抑制、資源の再利用と共に大きな効果を期待されている。そこで東京都などすでに焼却灰溶融炉を導入している自治体、川崎市などの今後焼却灰溶融炉の導入を検討している自治体などが「焼却灰有効利用マニュアル」などを策定している。また(財)廃棄物研究財団をはじめ、メーカー、自治体レベルでは、焼却灰溶融スラグの道路路盤材への試験施工も行われている。しかし、都市ごみ溶融スラグの道路路盤材へのリサイクル可能性の需給面からの検討はあまりされておらず、本研究ではこの点について検討した。

表-2 リサイクルによる

番号	ごみ種	発生量 (kg)	主たる発生源	発生源別排出量 (kg)	リサイクル率(%)	
					現況	最大
1	コンクリート、モルタルくず	39,320	基礎工事	39,320	60	90
2	木	10,035	むく材	6,690	30	90
			防腐、防蟻処理、塗装、合板等	3,345		
3	金属	146	アルミサッシ	97	100	100
			その他金属	49	0	0
4	石膏ボード	2,818	壁と天井	2,818	0	85
5	燃えるもの	586	畳	390	0	100
			ビニールクロス	142		
			その他	54		
6	燃えないもの	5,074	屋根のカラーベスト	2,030	0	0
			その他	3,044		
7	電線	66		66	0	0
8	ガラス、陶磁器	523	ガラス	418	0	0
			衛生器具等	105		
9	塩ビ管	182	給排水設備	120	0	0
			樋	48		
			換気扇のパイプ	14		
			システムキッチン	340		
10	その他	811	給排水設備 浄化槽(単独7人)	70	0	0
			衛生器具	152		
			被覆鋼管	99		
			給湯器、タンク	62		
			照明器具、コンセント類	75		
			その他	13		
		59,561		59,561	40	80

①コンクリート、モルタルくず : マテリアルリサイクルを前提とする。

∴埋立処分量=発生量-リサイクル量(=発生量×0.9)

②木くず

: むく材、防腐処理材ともにリサイクル率は同じと仮定。

むく材はマテリアルリサイクル、防腐処理材はサーマルリサイクルとする。

∴むく材の埋立処分量=発生量-リサイクル量(=発生量×0.9)

防腐処理材の埋立処分量=発生量-リサイクル量(発生量×0.9)+焼却灰(リサイクル量の5%)

③金属

: アルミサッシのみをリサイクルの対象とする。

∴埋立処分量=発生量-リサイクル量(=発生量)

本研究の意義は、第一に、都市ごみ(焼却灰)を溶融スラグ化して道路路盤材にリサイクルできれば、最終処分量が大幅削減でき、処分場問題の解決につながることであり、第二に、道路路盤材として使用されている天然材(上層路盤材としてのM-30、下層路盤材としてのC-30、40等)の使用抑制に貢献でき、資源節約・自然破壊抑制につながることである。

そこでこの需給面について、日本全体、地方レベル(近畿、関東など)、都道府県レベルで検討した。スラグの需要面としては、道路路盤材として現在使用されているクラッシュラン(日本全体で年間約1億2,000万トン)の25%を想定した。スラグの供給面としては、ごみ焼却量の15%(日本全体で年間約550万トン)が溶融スラグ量に対応すると想定した。その結果、次のことがわかった。

①日本全体の場合、[クラッシュランの需要量の25% > 焼却灰溶融スラグ発生量]であり、スラグの受入先として十分な需要量である。地方レベルでも、同様である。

②しかし都道府県レベルになると、[クラッシュランの需要量の25% < 焼却灰溶融スラグ発生量]となる都道

府県がある。

このように、マクロ(日本全体、地方レベル)では十分な需要量であっても、ミクロ(都道府県以下のレベル)では必ずしも十分な需要量が存在しない場合がありうる。

次に市町村レベルでの需給バランスの検討を行った。具体的には滋賀県内7市を対象として、各市町村から発生しうる都市ごみ由来の溶融スラグ量と、各市の市道での道路路盤材使用量(特に天然材使用量に着目)とを、それぞれ推計し、比較した。その結果、滋賀県7市について、都市ごみを全量溶融スラグした場合の溶融スラグ発生量を、市道の道路によって異なるが、スラグ混合率が10%から26%以上であれば、溶融スラグの全量を受け入れることが受給バランス的には可能であることがわかった。

なお今後、都市ごみ溶融スラグの道路路盤材へのリサイクルを各自治体が本格的に検討するならば、各自治体での道路工事での路盤材使用量を、工事種類別・使用材別にデータベース化し、自治体清掃部局が把握する必要がある。また、建設系廃棄物(副産物)のリサイクル促進に伴い、道路路盤材中の再生材の比率はより高まっていくことが予想される。その場合、「天然材への溶融ス

減量・減容効果

単位容積重量 (t/m ³)	現況			リサイクルの推進		
	リサイクル量*	埋立処分量*	埋立処分容量**	リサイクル量*	埋立処分量*	埋立処分容量**
1.6	23,592	15,728	9,830	35,388	3,932	2,458
0.5	2,007	4,683	9,366	6,021	669	1,338
1.0	1,004	2,392	2,392	3,011	485	485
2.0	97	0	0	97	0	0
	0	49	25	0	49	25
1.6	0	2,818	1,761	2,395	423	264
0.6	0	390	650	390	20	33
	0	142	237	142	7	12
	0	54	90	54	3	5
1.6	0	2,030	1,269	0	2,030	1,269
	0	3,044	1,903	0	3,044	1,903
1.0	0	66	66	0	66	66
1.0	0	418	418	0	418	418
	0	105	105	0	105	105
0.3	0	120	400	0	120	400
	0	48	160	0	48	160
	0	14	47	0	14	47
1.0	0	340	340	0	340	340
	0	70	70	0	70	70
	0	152	152	0	152	152
	0	99	99	0	99	99
	0	62	62	0	62	62
	0	75	75	0	75	75
	0	13	13	0	13	13
-	26,700	32,862	29,528	47,498	12,243	9,796

- ④石膏ボード : 表面の紙の量は無視する。 (単位: *はkg, **はm³)
 ∴埋立処分量=発生量-リサイクル量 (=発生量×0.85)
- ⑤燃えるもの : 全てサーマルリサイクルを行うものとする。
 ∴埋立処分量=発生量-リサイクル量 (発生量×1.0)+焼却灰(リサイクル量の5%)
- ⑥燃えないもの : 全て埋立処分を行う。
 電線、ガラス ∴埋立処分量=発生量
 陶磁器、塩ビ管
 その他

ラグの混合という形での「熔融スラグリサイクル」は、長期的には困難となる。天然材の使用量自体が減少するからである。都市ごみ発生量自体の減量化、天然材への混合可能率の増加、そして最後の砦として一定規模の最終処分場の確保が必要であろう。

5. 在来工法による建築物のリサイクルの方策

産業廃棄物の種類別排出量の約15%を占める建設廃材のリサイクルによる効果(減量・減容)を検討した。

検討の対象として、建設廃棄物の中で不法投棄の主要因として指摘される在来工法による木造住宅を取り上げ、設計図面より投入材料を明確にし、解体時における廃棄物の発生場所・量を検討するとともに、各材料ごとに適切なリサイクルの方法を検討し、その効果(減量・減容化)を確認した。

(1) 検討対象家屋

検討対象とした家屋は、築後約10年、延べ床面積約40坪(132m²)の存在する標準的な住宅であり、設計図面より投入材料の内容と、解体時における廃棄物の発生箇

所及び量を確認した。その結果、基礎工事によるコンクリート、モルタルくずを最大に、一戸あたり、約59,561kgの廃棄物が発生することが分かった。

(2) リサイクルの方策の検討

各投入材料ごとに、①現状のリサイクル技術の動向、②各投入材料の性状、③リサイクル時における各投入材料に含まれる有害物質の挙動、及び④各省庁の動向等に着目しつつ、投入材料ごとに、サーマルリサイクル、マテリアルリサイクルへの適用を検討し、リサイクル可能率(率)と処理量(重量・容量)の算出を行い、現況との比較を行った。

(3) 検討結果

投入材料ごとに適切なリサイクルを推進することによって、リサイクル量は現況の約1.8倍に増加し(26,700kg→47,498kg)、処分量は重量比約40%(32,862kg→12,243kg)、容量比約30%(29,528kg→9,796kg)に削減できることが確認できた(表-2)。(括弧内は、現況→リサイクル推進の数値を示す)

表-3 代表的な紛争原因

要因	代表的な紛争原因の例
環境汚染への不安	(1) ダイオキシシ・重金属等の有害物質による水質（水源地、表流水、地下水）汚染・土壌汚染に対する懸念 (2) 住宅・文教施設に隣接する場合の生活環境悪化の懸念（搬入車両による大気汚染・交通障害等、悪臭、景観の悪化） (3) 国・地方行政が定める環境保全レベルと周辺住民が要求する環境保全レベルとのギャップ (4) 処分場は技術的に欠陥があり、環境破壊を必然的にもたらす、との意見 (5) 搬入物に有害物質が混入して不測の汚染が発生することに対する懸念
事業主体への不信感	(1) 情報公開と対話の欠如 (2) 産廃計画の突然の出現 (3) 行政の抜き打ち的許可 (4) 業者側の工事等の強行 (5) 事業主体の情報隠匿、住民敵視 (6) 地域住民の意見の無視 (7) 事業主体の誠意のなさ、高圧的な態度への不信感 (8) 責任所在のなすりつけ合い (9) おどしやいやがらせの被害
負担に対する不公平感	(1) 立地選定の根拠の不明確さ (2) ごみの「越境」処理への反対 (3) 人口の少ない地域（過疎の村等）への多量の廃棄物の集中

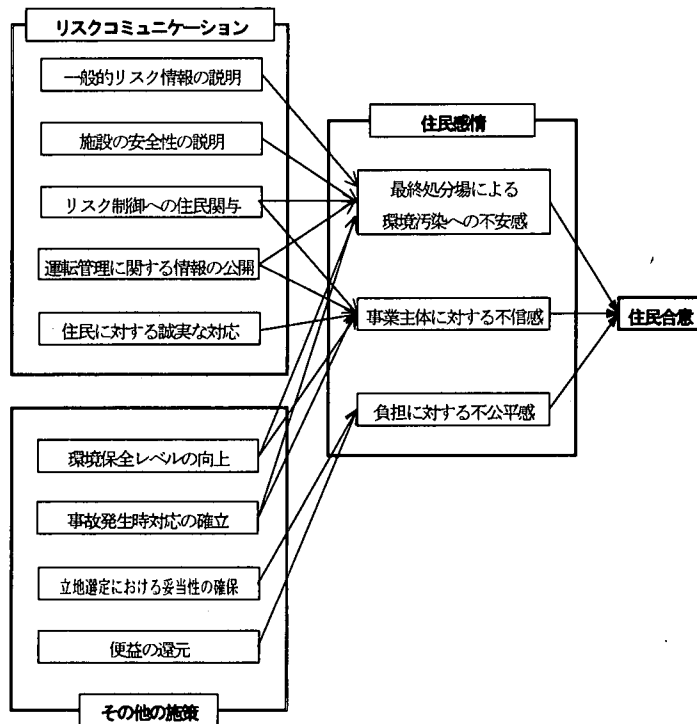


図-3 住民合意と住民感情、住民感情へのアプローチ方策の要因関連図

6. 紛争の原因と住民参加

最終処分場の建設をめぐる、住民と事業主体（施設設置事業者、行政）の間で多くの紛争が起きている。最終処分場建設に対する紛争の原因と住民参加・合意形成の方法等について文献、地方自治体の資料等を調査し、これらの調査結果に基づき住民合意形成の促進に向けた

視点を整理した。

廃棄物処理施設立地に対する紛争事例（住民投票等の事例）、及び紛争が回避された事例のそれぞれについて、計画から建設までの手続き、住民参加の時期や方法などについて調査し、紛争原因と紛争を回避する方策及び住民合意形成の促進に向けた視点をまとめた。

(1) 紛争の原因

各地で発生している紛争の主な要因としては、①環境汚染への不安、②事業主体（施設設置事業者、行政）への不信感、③負担に対する不公平感、の大きく3つが挙げられた。代表的な紛争原因を表-3に示した。

(2) 合意形成促進に向けた視点

住民合意を形成するためには、これら3つの要因にアプローチして「不安感」、「不信感」、「不公平感」を軽減する観点から働きかけることが重要である。

合意形成に向けた視点として、住民合意と住民感情、住民感情へのアプローチ方策の要因関連について図-3に示した。アプローチの手法としては、「リスクコミュニケーション」によるものと、「その他施策」によるものに大別される。

「リスクコミュニケーション」としては、「日常生活の中で一般人がどのようなリスクにさらされているか」といった「一般的なリスク情報」の説明、また「施設の安全性の説明」を通じて「不安感」の軽減を図ることが挙げられる。また、施設の計画・運転管理への住民参加等の「リスク制御への住民関与」や、モニタリング結果の公表等の「運転管理に関する情報の公開」は、「不安感」、「不信感」の軽減を図る上で重要な手段と考えられる。その他、「不信感」を軽減する上では「住民に対する誠実な対応」が挙げられる。

一方、「その他策」としては、「不安感」、「不信感」の軽減を図るに当たって「施設の環境保全レベルの向上」、「事故発生時対応の確立」が重要な視点と考えられる。特に、現在の技術レベルでは施設の安全性について住民側に納得されずらい状況もあることから、フェイルセーフの仕組みについて技術的、財政的に整備することが重要であろう。また「不公平感」の軽減を図るに当たっては、「立地選定における妥当性の確保」、地域還元措置の実施等による「便益の還元」といったことも有効であろう。

紛争事例においては、様々な理由が複合的に作用して住民の反対感情が増幅されるケースもあると考えられる。周辺住民の「不安感」、「不信感」、「不公平感」といった反対感情とその背景を十分に把握し、これらが緩和されるよう多面的にアプローチすることが必要と考えられる。上記アプローチ全てを実施することは現実的には不可能と考えられるが、各事業主体の事情に合わせて可能な限りこれらの措置を実施することが住民合意形成を図る上で有効であろう。なお、平成10年度の廃棄物処理法改正によって生活環境影響調査書の添付が義務づけられ、

その中で住民参加等が可能となるなど住民関与、情報開の取り組みが今後一定程度進むものと考えられるが、事業主体は法定レベルの取り組みにとどまることなく、ISO14000シリーズ取得等の自主的な取り組みを実施するなど、住民との信頼関係構築に向けて積極的に取り組むことが今後さらに求められることになろう。

7. ごみ処理の広域化における地域融和型廃棄物計画

廃棄物計画の構造分析、廃棄物管理施設の立地に関する合意形成、そのための住民参加技法について検討した。問題発見から跡地利用までトータルシステムにおける最終処分場関連リスク認識度の構造モデルを作成し、さらに合意形成の程度を示す評価関数を設定して、KSIM法による数値シミュレーション的検討を行った。住民参加の制度面に特化した事例研究として、スーパーファンド法のCRP(Community Relation Plan)の事例、および流域開発における環境保護手法として用いられているCBEP(Community Based Environmental Planning)の事例を、関連する主体、情報の授受およびその経時変化、具体的な技法、情報のチャンネル、キーパースンの役割等に注目して分析を行うとともに、この分析枠組に従い、日本の事例の分析を行い、住民参加のプロセスや計画の策定プロセスの相互比較を行った。以上をふまえて、今後、避けては通れないごみ処理の広域化における合意形成の問題について事例整理ならびにそこで必要となる地域融和型の計画について検討した。すなわち、事例の比較分析を通じ、地域融和型廃棄物計画について、排出抑制、リサイクル促進、中間処理、最終処分における排出側と最終処分側とが適切に負担を分担しあうシステムの構築に焦点を当てる。

図-4に各課題の位置づけ、研究の観点を示す。また、合意形成に視点を当てたときの研究課題の相互関係を図-5に示した。

8. 海面埋立処分場における浸出水及び余水の性状予測と制御

(1) 廃棄物の最終処分場と海面埋立

廃棄物最終処分場容量の枯渇は、わが国社会の深刻な問題となっている。その理由としては、これまで処分場が設けられてきた山間部に適地が少なくなったこと、さらには用地取得のための住民合意を得ることが困難にな

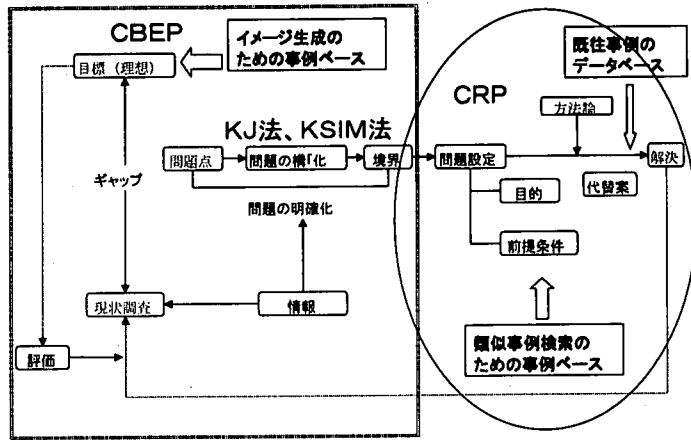


図-4 廃棄物計画における課題と研究の観点

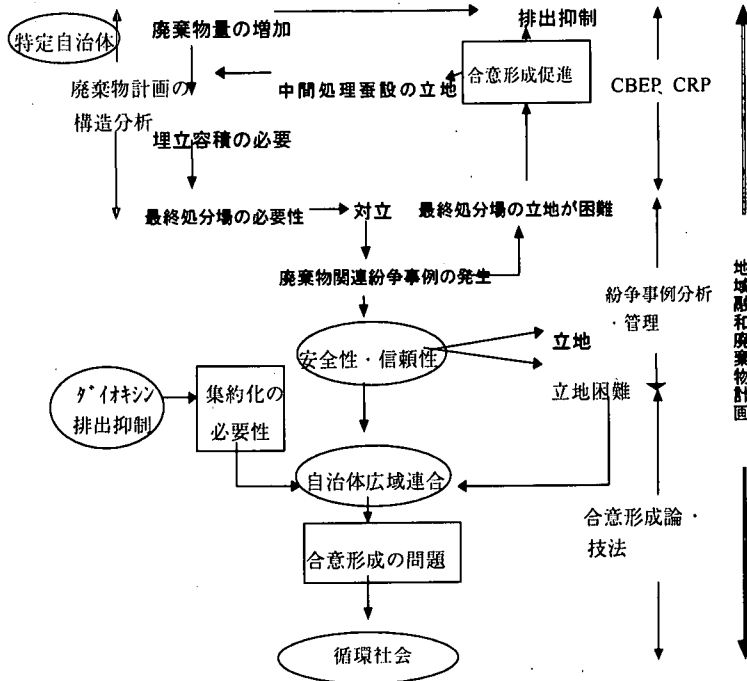


図-5 研究課題の相互関係

ってきていることなどがあげられる。これらを背景に、海面を部分的に仕切り、そこを埋立地とする海面埋立処分場の建設が各地で見られるようになってきている。

最終処分場の用地取得のための合意形成が困難となっている大きな要因は、廃棄物の埋立処分に対する住民の不安であり、それを生じさせている原因の主要なものの一つが浸出水(埋立廃棄物層を通過した後の雨水)による周辺環境の汚染に対する危惧である。海面埋立の場合は、利害関係にある住民が比較的少なく、また広域処分に対

応できる大容量の用地確保が可能であり、新しい国土創出が図れるという利点もあることに加えて、この浸出水による汚染の危険性(リスク)も低減されると予想されている。しかしながら、これまでの海面埋立処分場の建設例を見ると、その理由として、「陸上部に適地がない」ことが多くの場合あげられており、山間埋立に対して海面埋立の低リスクが十分明らかにされた上で、その建設の推進が図られているとは言い難いのも現状である。

本研究は、海面埋立におけるこのような浸出水のリス

表-4 廃棄物の陸上埋立と海面埋立のリスク比較

用地	重金属	窒素	塩類	THMFP	環境ホルモン
山間	△	△	××	×	?
海面	?	△	○	○	?

- : リスクなし
- △ : ややリスクあり
- × : リスクあり
- ×× : 大きなリスクあり
- ? : 不明

クについて検討することを通して、山間埋立に対する海面埋立の優位性を明らかにしようとするものである。

(2) 最終処分場における浸出水のリスク

埋立廃棄物および浸出水の有するリスクに関して、含有される可能性のある汚濁物質等で定性的に整理し、山間埋立と海面埋立とを比較したものが表-4である。

トリハロメタン生成能(THMFP)は、水道水源での塩素消毒の際に発現するため、海面埋立でのリスクはないと判断できる。また、近年の焼却残渣主体の埋立によって生じている浸出水中の塩類の高濃度化は、放流先の河川等陸水域の生態系を大きく変化させる可能性があり、山間埋立ではリスクを有するが、周囲が海水である海面埋立でのリスクは小さいと考えられる。

一般に海面埋立処分場の場合、埋め立て開始時に海水が内水として存在する。埋立の経過と降雨により、この内水は排除される必要が生じ、これを余水と呼ぶ。従来から処分場の有するリスクとして大きな関心が払われてきた重金属類の溶出は、海面埋立の場合、廃棄物層と雨水および内水である海水との接触、さらに焼却残渣が含まれる場合はそれからの塩類等の洗い出しという極めて複雑な環境にさらされて発現することになる。そのため、この余水での性状の予測が困難な課題となっている。

(3) 埋立廃棄物からの重金属の溶出に関する検討

本研究では、都市清掃工場の焼却残渣を試料として、環境庁告示 13 号による振とう溶出試験に加え、カラム式循環溶出実験を実施し、各種環境下での重金属の溶出挙動について検討を行っている。

図-6, 7 は、キレート剤により重金属の不溶化処理した電気集塵灰(処理 EP 灰)と未処理の EP 灰をそれぞれ試料としたカラム実験の結果を Pb について示したものである。本実験では、カラム内の灰試料に純水あるいは人工海水を循環させて、濃度変化を測定しているが、未処理 EP 灰に対して、キレート処理された EP 灰で Pb の溶

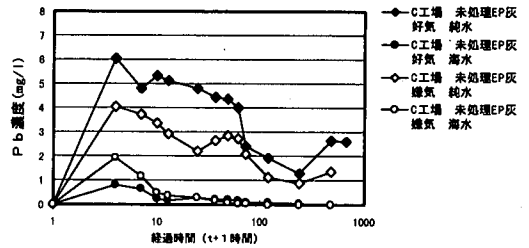


図-6 循環水中の Pb 濃度の経時変化(未処理 EP 灰)

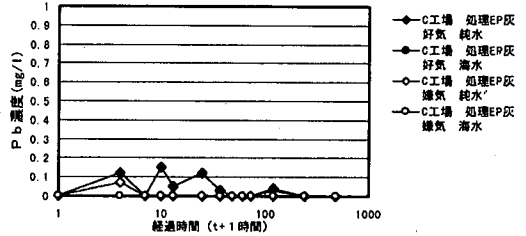


図-7 循環水中の Pb 濃度の経時変化(処理 EP 灰)

出が明らかに抑制されているのがわかる。また、未処理 EP 灰からの溶出も純水中での高い値に比較して、海水中では明らかな抑制が認められるとともに、純水よりも早く低減する傾向が確認された。したがって、仮に予期せぬ原因によって埋立廃棄物からの Pb の漏出が生じた場合でも、山間埋立での地下水など淡水への影響と比較して、周囲が海水である海面埋立の方がリスクが小さいと判断される。

9. 海面埋立工法と早期安定化

(1) 廃止基準と早期安定化

日本では、数は少ないが大規模海面埋立処分場における処分が進んでおり、今後、海面埋立が増えてくることが予想される。その埋立完了後の跡地利用も大きな期待が寄せられている。ところが、以前は埋立完了・閉鎖については、基準が明らかではなかった。そこで、共同命令(平成 10 年 6 月)により最終処分場の廃止基準が設定された。廃止基準には、保有水等の水質が 2 年以上にわたり排水基準等に適合していると認められることが基準の一つとして記されている。海面埋立処分場における水処理施設への集水は、内水の表層部で行われることが多い。内水の表層部が排水基準等に適合していても、深層部(又は廃棄物層内間隙水)では排水基準等に適合していない場合がある。現在のところ廃止基準の適用については、検討が行われているところであるが、埋立地の安定化としては、埋立地深層部の間隙水の性状も内水表層

部と同等に改善されることが重要であると考える。

本研究では、埋立地内部の早期安定化を目指して、栄養塩類（窒素、炭素等）の分解を促し、併せて重金属類等の有害物質の洗浄を促進して、埋立完了後に周辺環境へ与える影響を出来るだけ削減するための新たな埋立法の開発を目的としている。

(2) 新たな埋立法の概念

廃棄物に含まれる汚濁成分は、廃棄物層中の間隙水が留まっている状態（静置状態）よりも、埋立廃棄物層内の間隙水が移動した方が、間隙水中により多くの汚濁成分を溶出することができると考えられる。また、循環に伴い、大気中の酸素、二酸化炭素との接触による廃棄物層内での汚濁成分浄化の可能性も考えられる。ここで提案する工法の概念を示す。埋め立てられた廃棄物地盤には一定間隔で集水井戸を設け、井戸の中には、集められてくる間隙水を揚水、排水できるように、ポンプを設置する。埋立廃棄物中に短絡流が生じると、廃棄物全体の洗い出し効果が期待できなくなるため、本工法では内水位と井戸内の水位の水頭差によって緩慢に間隙水を集水する。集水した間隙水は内水部にポンプ圧送し、循環を行う。また、この内水を処理した後、外海に排水する。

本工法は、循環により埋立廃棄物中に含まれる汚濁物質が溶出した内水を、廃棄物中あるいは内水中での吸着、生物分解による浄化、安定化させることを狙いとしている。本研究では、間隙水の流動によって、どの程度の吸着、生物分解が起きるのかを詳細に調べることを目的としている。このための実験は、海面埋立地内を模擬した実験模型槽により循環浄化の効果を調べた。

(3) 実験方法

3条件での循環実験を行っているが、ここでは RUN1 のみの結果を示す。実験装置を図-8 に示す。実験装置は、カラムと貯水槽、ヘッドタンクからなっている。カラムは、内径 500mm、長さ 2000mm の円筒形をしている。RUN1 の貯水槽には攪拌機が取り付けられている。この実験装置で海水循環をおこなった。実験に用いた試料は、一般廃棄物の焼却灰を使用した。

RUN1 では、提案した工法を想定し、廃棄物層から流出した浸透水を貯水槽で長い時間滞留させる条件で実験を行った。充填した焼却灰重量は 522.6kg であった。使用水量はカラム内で 123L、カラム外で 110L である。透水係数は、約 10^{-4} cm/s となった。本実験では、ヘッドタンクより採水した流入水、廃棄物充填カラムを通水した

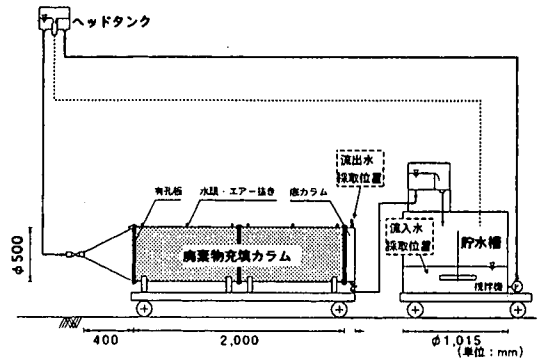


図-8 カラム実験装置 (RUN1)

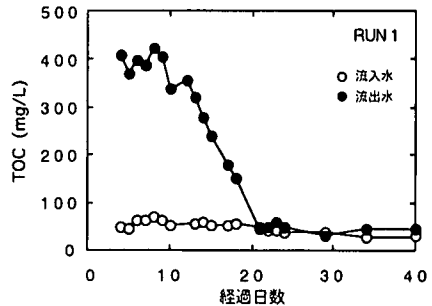


図-9 TOC の経日変化

間隙水（流入水）を底カラム上部のコックより採水し分析を行った。実験では、pH、ORP、BOD、 COD_{Mn} 、TOC、T-N、有害重金属などの測定を行った。

(4) 結果及び考察

有機汚濁成分の指標として TOC、T-N について検討した。TOC 濃度の経日変化を図-9 に示す。測定初期には、流入水 TOC 濃度が 50 mg/L 前後であるのに対し、流出水 TOC 濃度は 400 mg/L 前後と大きく汚濁成分の溶出が認められ、その海水が貯水槽、ヘッドタンクを循環することにより、TOC 濃度が 50 mg/L 程度まで低減した。その後、流出水 TOC 濃度は 10 日目あたりから大きく減少し、20 日目前後には流入水の TOC 濃度とほぼ同程度となっている。さらに、20 日目以降の流入水、流出水の TOC 濃度はほぼ一定値となった。流出水の T-N 濃度は、TOC 同様に、測定初期から低下しており、実験開始から約 35 日前後で流入水の T-N 濃度と同程度となった。

このように、循環により、廃棄物間隙水中の有機汚濁成分の早期減少が認められた。このことは、提案を行った埋立法による、廃棄物層内間隙水および内水の循環浄化の可能性が確認されたといえる。なお、有機汚濁成分の除去機構については、大きく、カルシウム化合物の沈殿生成に伴う除去と微生物による分解が推測される。

表-5 立地～閉鎖における海面埋立処分場と陸上埋立処分場の比較

		陸上埋立	海面埋立
(1) 立地	場所の数 選定の容易性	場所的には多くの可能性がある	選定できる場所が限定される 陸上埋立に比べて制約条件が少ない
(2) 計画・調整	国レベル 地域レベル	比較的容易	省庁間調整が比較的困難
(3) 規模		小	大
(4) 経済性		用地確保費用が莫大 跡地利用の経済効果が低い	スケールメリット 規模が大きいため、初期投資が莫大 新たな国土創造による経済効果が期待
(5) 輸送（交通）	広域輸送 船舶輸送	広域あり	広域輸送 船舶輸送
(6) 廃棄物フロー		都市→地方	地方→都市周辺
(7) 処分場の確保	短期的確保	短期的確保であり、確保に不安	長期的確保ができ、廃棄物管理計画に 優先
(8) 受入れ	量 搬入管理 周辺への影響	搬入量少 やや困難 ややあり	大量搬入 容易 比較的少
(9) 作業環境	騒音・振動 悪臭 粉塵	注意が必要 " "	比較的少 " " 強風注意
(10) 水道水漏汚染		注意が必要	リスクなし
(11) 浸出水の処理	有機汚濁物質 無機物質 有害物質 豪雨時	比較的容易 塩除去の必要性 ほとんどなし 弱点あり	比較的容易 必要性なし ほとんどなし 内水地が大きく、問題なし
(12) 放流先		河川・湖 下水道放流 無法流あり	海城 下水道放流
(13) 埋立期間		短期～長期	長期
(14) 安定化		比較的短い	比較的長い
(15) 跡地利用		緑地・公園に限定	工業団地等比較的多様性あり
(16) リスクポテンシャル	保有水の移動性 しゃ水障害 埋立廃棄物	垂直方向の移動性大 地形的不連続部に弱点あり しゃ水面の 水圧負荷削減で対応 分散化→管理能力低下の恐れ	動水勾配が小→移動性低い 護岸しゃ水の優秀な技術者の雇用可能
(17) 災害対策	地震 波浪・洪水 輸送・搬入	設計で考慮 輸送ルートへの破壊への対処	しゃ水工部（護岸）基礎、護岸背面等 に耐震を考慮 設計で考慮 ルートの変更は容易 大量受け入れが可能
(18) 国土創造		少ない	新たな大地の創出
(19) 環境創造		緑地・公園等の環境創造	大規模改変のために新たな環境創造事業 が必要
(20) 住民合意		地権者が多い、水利権調整、安全性に 対する不安等住民合意が困難	水面権利者、漁業権者等の利害関係者 との調整が必要。

10. 広域最終埋立処分場における跡地利用の検討

我が国においては、国民生活が豊かになるのに比例して廃棄物量は増大し続けている。また、廃棄物の質は時代とともに変化し、適正処理が困難なものの量も増加してきた。こうした廃棄物の最終処分場の建設には、環境保全を目的として廃棄物の性状に応じた立地基準が定められており、最終処分場の種類は、構造面から「安定型」「管理型」「遮断型」に分類されている。一方、大都市部での土地需要は根強いものがあり、その一環として埋立処分場が利用土地対象とされ、跡地をどのように利用するかが大きな検討課題となっている。

従来から進めてきた広域最終埋立処分場における跡地利用に関する検討内容は以下の通りである。

- ・ 大規模埋め立て技術とその評価
- ・ 跡地利用における問題点 — 地盤物性
不均質地盤物性の推定方法
- ・ 最終処分場の性能評価

- ・ 跡地利用に関する一般的な問題
 - ・ 地盤調査と問題に対する対策方法
 - ・ 廃棄物の影響 — 管理と対策
 - ・ 跡地利用に向けての新しい取り組み
- 整理すると、跡地利用に関して最も問題となるのは、地盤特性、浸出水、発生ガスの3点に絞られると考えられる。

実用的に跡地利用する場合の問題を抽出すると、不同沈下、構造物の設置、ガス発生や悪臭、汚染、耐用年数、樹木の育成、杭構造物の設置、土壌の醸成・安定化などがある。地盤の改良や廃棄物の封じ込めなど新しい方法を用いて跡地を利用しやすい土地にする必要があるが、社会情勢の変化から、従来のような画一的な跡地利用は望めなくなっており、跡地の高度利用に向けて付加価値を高める方策を探らなければならない状況である。

11. 環境保全型海面埋立処分について

循環型社会—持続可能な社会は 21 世紀の極めて重要な課題である。循環型社会の形成には今までとられてきた一過型の消費経済から循環型経済への転換が必要であり、そのための技術開発やシステム構築が極めて重要である。そのような状況の中、例えば科学技術政策においてゼロエミッションシステム構築等のキーワードが示すように、再利用技術やシステムが大きな関心を持っている。

廃棄物埋立処分場の根本的な解決のためには、20～50年、場合によっては 100 年というスケールの環境保全型大規模海面埋立処分場を廃棄物が集中的に発生している大都市圏の海域に建設することを提案し、その効果や影響を議論、評価しておく必要がある。そこで、海面埋立処分を促進する上での現状と問題点を表-5 に示す。この表では基本的には、環境保全型海面埋立処分に関する立地問題と環境影響を中心に評価した。

一方、環境保全型海面埋立処分を進めるに当たっては、環境保全、汚染防止、防災等に関する研究開発が必要となろう。その主なものは、以下のようなものが挙げられる。

- (1) 陸水と海水による溶出特性
- (2) 海洋汚染防止技術
- (3) 大規模埋立技術
- (4) 配置計画
- (5) 海面埋立の LCA (陸上埋立処分との比較)

12. おわりに

廃棄物の最終処分場、特に海面埋立処分場について平成 9～11 年度の 3 年間に渡って行ってきた議論を取りま

とめたものを紹介した。

廃棄物の処理において、必要な埋立処分場の確保が極めて難しくなっている。しかしながら、一方で飛行場の建設等の海面埋立は今後も引き続き行われるものと考えられ、埋立柱の需要はあると推定される。埋立処分される必要のある廃棄物がある一方で、埋立柱の需要があるので環境保全上問題のない海面埋立ができれば一石二鳥の解決策となる。

ただし、これまでの最終処分場には様々な物性の廃棄物が混在した状態で搬入されており、処分場跡地の地盤の安定性の点で問題を抱えている場合が数多く見られる。今後は最終処分場の跡地利用についても十分に配慮し、例えば廃棄物の中間処理による埋立廃棄物の品質改善等についても考えていく必要があろう。その他、色々と検討すべき課題は多いが、このような問題が土木学会の中で多くの関係者の参加の下に議論されたのは有益であった。今後も引き続き、最終処分場についての環境保全、特に環境影響とその評価について検討すべきと考える。

(文責：田中 勝)

参考文献

- 1) (社)土木学会：平成 10 年度広域最終処分場計画調査 廃棄物海面埋立環境保全調査報告書，1999。
- 2) 田中 勝：埋立処分量最小化への戦略—EPR と容器包装リサイクル法—，INDUST，Vol.15，No.3，pp.11-15，2000。

(2000. 3. 9 受付)