

## 廃棄物埋立処分場の環境アセスメント

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT FOR A SOLID  
WASTE LANDFILL SITE

井上 頼 輝\*・森 澤 真 輔\*\*・小 林 一 朗\*\*\*

By Yoriteru INOUE, Shinsuke MORISAWA and Ichirou KOBAYASHI

## 1. はじめに

行政区画から発生する一般廃棄物をすべて収集し、集中的に処理（焼却）・処分（埋立）している都市がある。廃棄物の処理処分施設は人の生活環境を限度以上の汚染から防護するために不可欠な施設ではあるが、同施設は同時に二次的な環境汚染源でもある。最近では各地で廃棄物関連施設の立地に関するトラブルが発生している。

現状では、環境アセスメントを実施したからといってすべての立地問題が解決することにはならないが、環境アセスメントを実施することによって、① 解決を要する問題（意見の対立点）は何か、② 主要な影響はいつどこにどの程度の規模で出現するか、③ 計画案を変更するための合理的指針は何か、等の有効な情報を得ることができる。

本報では、前報<sup>1)</sup>で提案した環境影響の評価手法をすでに立地し稼動（操業開始後 5 年経過）している一般廃棄物の処理処分施設に適用して、同施設の運用に伴って生じる環境影響を評価する。評価対象施設がすでに立地・稼動しているため、本報での検討の目的は次のようになる。すなわち、① 廃棄物処理・処分施設の立地・稼動に伴って発生する環境影響の特徴および、主要な影響が何によってもたらされるかを具体的に明らかにすること、② 評価対象に選定した施設によって生じる環境影響がどの程度になるかを明らかにすること、およびすでに定められている環境基準等に適合していることを確認すること、③ 現行の廃棄物処理・処分システムをより望ましい状態に改善するための最適改善策を、環境影響と経済性の両面から総合的に評価・選定すること、および④ 前報で提案した環境影響評価手法を現実に適用す

る場合に生じる問題点を具体的に明らかにすること、である。

## 2. 現地調査

## (1) 評価対象地域の概要

対象地域は内陸部にある人口約 12 万人の都市である。同市域から収集される一般廃棄物は 1 日約 54 t で、これらの廃棄物は市街地から離れた清掃工場\*（図-1 参照）で約 75% が焼却後に、残り約 25% が未焼却のまま埋立処分されている。同市域で発生する一般廃棄物はすべて上記の清掃工場で処理・処分されている。

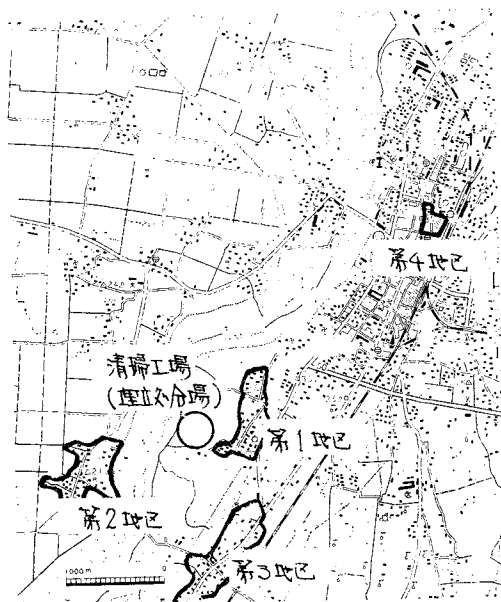


図-1 評価対象地域

\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部衛生工学教室  
\*\* 正会員 工博 京都大学助教授 工学部衛生工学教室  
\*\*\* 正会員 工修 奈良県浄化センター

\* 廃棄物の焼却施設と埋立処分場とをあわせて清掃工場とよぶことにする。

清掃工場は図-1に示す河川の旧河川敷に位置している。清掃工場に隣接してすでにし尿処理場が建設・運用されており、さらに下水処理場も建設されつつある。清掃工場の周辺は主として水田である。

本研究で環境影響の評価対象地に選んだのは図-1に示す4地区である。第1地区は清掃工場に最も近く、アパート・社宅等の住宅地区である。第2地区は農村地区、第3地区は農家、住宅、小規模工場の混在地区、また第4地区は市街・商業地区である。

## (2) 調査方法

清掃工場周辺環境の現状を把握するために、廃棄物埋立処分場周辺の地下水流況、表面水および地下水の水質、水田土壌中の重金属濃度に関する調査および環境の変化に対する住民の価値判断等に関するアンケート調査を実施した。調査時点は昭和50年11月～昭和51年1月である。

アンケート調査は図-1に示す4地区を対象に実施した。アンケート用紙の配布数は220で、その内訳は上記4地区におおの約50、また廃棄物処理処分計画の立案・運用にかかわる集団の特性を知るために市役所の廃棄物担当課および清掃工場職員に対し計20である。回答総数は200であった。アンケートの設問数は全部で14項目である。設問の内主要な2問を抜粋して表-1に示す。

表-1 アンケート調査表(一部抜粋)

問4	今後処分場用地の不足などによって現在の予算では、週2回のゴミ収集が実施できなくなることも考えられます。予算の使用額が一世帯一ヶ月当りこれ以上になると、ゴミを収集してもらわなくてもよいと思われる金額の番号に○をつけて下さい。
	1. 1000円                      4. 5000円 2. 2000円                      5. 10000円以上 3. 3000円
問9	いろんな公害のうち、どれが重要であると考えられますか。 (5つ選んで、重要なものから1番から5番まで順番をつけて下さい。)
	( ) 空気がよごれて老人や子供にぜん息が発生する。 ( ) 光化学スモッグで、小中学校で体育のできないことがある。 ( ) 公害によって農作物が減収する。 ( ) ニワトリが卵を産まなくなる。 ( ) 草花や樹木が枯れる。 ( ) ガラスやスズメが多数飛んでくる。 ( ) ハエ・カが発生する。 ( ) 池や川に魚が住まなくなる。 ( ) 魚や米を食べると有害物が体に蓄積される不安がある。 ( ) 臭いや音がうるさくてよく眠れない。 ( ) 水道水に臭いがつく。 ( ) 洗たく物がよごれる。 ( ) 近くに水泳や、魚つりをする場所がなくなる。 ( ) 美観がそこなわれる。 ( ) 住宅を建てたり、農地にしようとする、土地の利用が制限される。 ( ) 交通事故がふえる。

## (3) 調査結果

地下水中の重金属濃度はゴミ層浸出液を含めてほとんどが検出限界濃度以下であった。その他の水質項目の分析結果もゴミ層浸出液および廃棄物埋立場所のごく近くの地下水を除けば、廃棄物埋立による影響は認められなかった。処分場周辺の水田土壌中の重金属濃度にも廃棄物埋立による影響は認められなかった。

アンケート調査の結果の概要を整理して簡単に述べる。

回収したアンケート用紙を地区別(第1地区～第4地区)および職業別(会社員、公務員、農業、自営商工業)に区分して整理・解析した。廃棄物の自家処理については、一般に全戸数中に占める農家の割合が大きい第2地区、第3地区の90%以上が一部自家処理する旨回答している。

問4に対しては無回答が16%あった。回答金額のおおのに回答度数を乗じ、それらを総和したものを回答数で除して廃棄物処理処分に対する1世帯1か月当りの予算使用限度額を算定した。算定にあたっては無回答は回答なしの扱いにした。予算使用の限度額は第1地区が1817円、第2地区1488円、第3地区1513円、第4地区は1667円であった。参考のため職業別に集計したところ、公務員の2342円が最も高く、会社員は1536円、農業は1518円、自営商工業は1620円であった。公務員(市の清掃当局、清掃工場の職員を含む)を除けば職業による差よりも地区による差の方が著しいようである。これは第1地区、第4地区のように廃棄物を自家処理する空地のない区域ほど廃棄物委託処理処分の必要性が大きいためであると思われる。

問9では清掃工場が原因になって発生する可能性がある環境影響を列挙し、5項目を選択して重要と思う順に1番から5番までの番号を記入するように求めた。各項目ごとに、1番の順位が与えられた度数には5、2番には4、3番には3、4番には2、5番には1をそれぞれ加重係数として乗じ、それらの総和を計算して当該環境影響の相対的重要度とした。ただし、地区ごとにアンケートの回収数が異なるため環境影響の相対的重要度としては、上記の総和を当該地区のアンケート回収数で除した値(後出の表-6参照)を用いることにした。

## 3. 環境影響評価手法の適用

環境影響評価の位置づけ、評価手法の適用手順等については前報<sup>7)</sup>で詳しく論じた。ここでは前報で示した評価手順に従って実施した環境影響の評価例について述べる。

(1) 評価の前提

清掃工場の建設や運用，およびそれらによって波及的に生じる行為が表面水・地下水の水質，大気質，騒音，交通現象等の環境要因を変化させ，それらの環境要因の変化が人間の生活に直接関係のある環境に影響を及ぼすと考えてその影響を評価する。

廃棄物の焼却に起因する環境影響は主として焼却施設の運用期間中に出現する。一方，廃棄物中に含まれる重金属等の地中での移動速度は極めて遅いため<sup>2)</sup>，廃棄物処分場敷地外の地下水が汚染するのは通常は処分場の使用が終了した後になると思われる。このように廃棄物処理処分施設の環境影響の出現の様態は評価時点によって大きく変化する。それゆえ，環境影響はその様態を推定・把握していくつかの代表的な時点ごとに評価するのが望ましくなる。ここでは環境影響の評価時点を当面，調査実施時点の5年後，すなわち昭和55年に設定した場合の例について検討することとする。

評価の誤差は安全側に現われるように配慮する。たとえば，大気質の悪化については評価地区が常に汚染区域の中央にあるとして評価する。第1地区については，その周辺地下水が廃棄物層浸出水によって汚染される恐れがあるが，その影響は清掃工場の敷地境界で評価する。トラックによる廃棄物の収集に伴う騒音は道路中央から10mの位置で評価する（この位置は「騒音に係る環境基準」と必ずしも同一ではない）。収集に伴う振動公害にかかわる検討は省略した。評価対象施設がすでに建設され，運用中のものであるため，焼却炉等の構造物の建設に伴って生じる環境影響は評価対象外とし，それらの構造物が存在することによる影響のみを評価する。

(2) 開発行為，環境要因，環境影響と単位変化量

本研究で評価の対象にする12項目の開発行為をその単位規模とともに整理して表-2に示す。開発行為の単位規模は任意に設定することができるが，ここでは現行の処理処分事業を基準にして代替事業を評価するため，現行の事業規模を単位規模に設定している。

開発行為によって変化する環境要因には表-3に示す21項目を選定した。おのおの，異なる次元（単位）で計量される環境要因の次元をそろえる（無次元化する）ために用いる単位変化量にはそれぞれ対応する環境基準値を用いた。環境基準値を単位変化量に用いた理由は，①環境要因は環境基準値以下に維持されるべきであること，②その信頼度は必ずしも同程度ではないにしても，環境基準値は一応人の健康に及ぼす影響を共通の判断基準にして設定されていること，および③比較的多くの環境要因について基準値が設定されていること，等であ

表-2 開発行為および単位開発規模一覧

番号	開発行為	設定した開発行為の単位開発規模
1	処理・管理用施設等の構造物	構造物の専有面積 513 m <sup>2</sup> 高さ 70 m の煙突1基
2	専用道路・橋等	幅員 6 m，長さ 400 m の専用道路の建設
3	廃棄物埋立用構造物	面積 5 600 m <sup>2</sup> ，深さ約 2 m の埋立用凹地の開削
4	廃棄物の焼却	40 t/day の可燃性廃棄物の焼却
5	大気汚染防止用設備の運用	ベンチュリー・スクラッパーによる排ガスの処理
6	焼却用施設廃水の処理	凝集沈殿法による 40 t/day の処理
7	焼却灰の埋立処分	14 t/day の焼却灰 (40 t/day の焼却により発生) の埋立
8	非焼却廃棄物の埋立処分	14 t/day の不燃性廃棄物の埋立
9	埋立場浸出水の処理	活性汚泥法による 50 t/day の処理
10	埋立用ブルドーザの稼働	中型ブルドーザ1台の稼働
11	トラックによる廃棄物の輸送	トラックの道路通過率 12.5 台/h
12	埋立場の衛生管理	月に1回の殺虫剤の散布

る。なお環境基準値が設定されていない項目については，適切と思われる仮定に基づいてそれに代わる基準値を設定した。環境要因の単位変化量を整理して表-3に示す。

環境要因が変化することによって人およびその生活環境がうける影響の評価項目として17項目を選定し表-4に示す。同表には環境影響の評価内容をあわせて示した。表-4に示した環境影響の単位変化量は，対応する環境要因が表-3に示す単位変化量だけ変化した場合に生じる環境影響の変化量に等しく設定する。

(3) 評価マトリックスの作成

環境影響評価手法を構成する5つの評価マトリックス (*P*, *Q*, *R*, *M* および *W*) の作成例を第1地区を例にして簡単に述べる。

a) *P*マトリックス

*P*マトリックスは単位規模の開発行為によって生じる環境要因の変化を記述する行列であり，その要素は単位規模の開発行為によってもたらされる環境要因の変化指数（実変化量を単位変化量で除した値）を与える。ここでは主要な行列要素の決定方法について述べる。

廃棄物の焼却に伴って生じる大気質の悪化については次のように考える。すなわち，焼却規模を 40 t/day (8時間稼働) とし，廃棄物単位量焼却当り生じる大気汚染原因物質の量を推定し，有効煙突高さを考慮したパスキルの式により大気汚染質の第1地区での最大着地濃度を

表-3 環境要因および単位変化量一覧

番号	環境要因	設定した環境要因の単位変化量
1	表面水の水量	河川平均流量の15%に相当する人為的流量変化(魚類の生態変化に注目)
2	表面水の 水質	BOD 2 ppm ……水道2級に相当する環境基準
3		Cd 0.01 ppm ……国民の健康にかかわる環境基準
4		Cr(VI) 0.05 ppm …… ”
5		Pb 0.1 ppm …… ”
6		Cu 1 ppm ……飲料水の許容基準
7		Zn 1 ppm …… ”
8		地下水の 水質
9	地下水の 水質	Cl <sup>-</sup> イオン 250 ppm ……Preulの地下水汚染限度 <sup>3)</sup>
10		重金属(Cu) 0.1 ppm …… ” (当該地域では銅による地下水汚染が支配的)
11	騒音	一般住宅地域夜間の環境基準 40 ホン(A) から昼間の環境基準 50 ホン(A) への増加分
12	大気 汚染	NO <sub>x</sub> 0.02 ppm ……環境基準(1時間値の1日平均値)
13		SO <sub>x</sub> 0.04 ppm …… ” ( ” )
14		HClガス 0.05 ppm ……ACGIH 勧告の作業中許容濃度 5 ppm の 1/100 <sup>4)</sup>
15		HCガス 1.21 ppm ……ACGIH 勧告のベンゼンの作業中許容濃度 25 ppm の 1/100* の CH <sub>4</sub> 換算値 <sup>4)</sup>
16		CO 10 ppm ……環境基準(1時間値の1日平均値)
17		炭塵 0.1 mg/m <sup>3</sup> …… ” ( ” )
18		悪臭
19	地表面の形態	全視野を16方位に区分し、6方位を人工構造物が占める状態
20	地表面の性状	ハエ・蚊の発生、カラス、スズメの飛来する状態
21	交通現象	交通事故による年間死亡者数の全国最悪レベルへの増加(増加率 65% : 11.2 人/10万人)

\* 作業環境中許容濃度を自然環境中許容濃度に換算する係数として 1/100 を用いた。

表-4 評価対象の環境影響一覧

番号	環境影響	評価する環境影響の主要な内容
1	農作物・草花等の成長阻害	灌漑用水の水質、大気汚染質による農作物(水稲等)の成長阻害
2	農作物への有害物質の蓄積	灌漑用水中の重金属の農作物(水稲等)への蓄積
3	自然植生の変化	自然の草木の種類・量・分布の変化
4	野鳥等の野性動物	生息する野鳥(キジ、ハト等)の被害
5	スズメ等の害鳥の飛来	カラス・スズメ等の害鳥の飛来
6	ハエ・蚊の発生	ハエ・蚊の発生・飛来
7	家畜(ニワトリ、豚等)	家畜の成長阻害、搾乳量の減少、ニワトリの産卵減少等
8	魚類	付近の河川・湖沼に生息する魚の種類・量の変化
9	経口摂取による健康障害	有害物の経口摂取(食物連鎖を考慮)による人体の急性・慢性障害
10	大気汚染による健康障害	有害物の吸入による人体の急性・慢性障害
11	光化学スモッグ等による急性障害	光化学スモッグの発生(人体の急性障害)
12	睡眠阻害・不眠	騒音・悪臭などによる不眠
13	精神阻害(不快)	イライラ、情緒不安定、ノイローゼ等
14	レクリエーション活動の阻害	魚釣、水泳、ハイキング等野外で行うレジャーへの影響
15	美観の変化	周辺の地形の変化、人工構造物による視野遮断、自然状態の変化
16	土地利用の制約	処分場の立地による土地利用の変化
17	交通事故の増加	交通事故の発生増加

注:各環境影響の単位変化量は人がなんらかの身体的影響を受けたり、あるいは受けると感じる限度をめやすにして定める。具体的にはたとえば環境要因が表-3に示す単位変化量だけ変化するときにおける環境影響の変化量を単位変化量とする。

推定する。この推定値を1日平均値に換算して、おのの対応する単位変化量で除して当該要素(P<sub>12,4</sub>~P<sub>17,4</sub>)に記入する。また、わが国の中小都市30市における廃棄物処分場に関する調査<sup>5)</sup>では悪臭に対する苦情発生率が70%である。この苦情発生率を援用して、当該処分

場において悪臭が検知される可能性が70%であるとみなすと、可能性が100%のときを単位変化量としているので当該要素(P<sub>18,4</sub>)には70%/100%=0.7を記入する。

焼却灰の埋立については、埋立てた焼却灰が地下水中の重金属および塩素イオン濃度に及ぼす影響を評価する。廃棄物中に含まれるカドミウム、銅、亜鉛等の重金属が土壌と吸着・脱着を繰り返しつつ地下水層中を移動することを考慮して清掃工場敷地境界付近の地下水中の重金属濃度を推定すると<sup>2)</sup>、重金属濃度はすべて無視できるほど小さくなり、わずかに30年後に銅の濃度が5×10<sup>-14</sup>ppmに達すると期待されるにすぎない。塩素イオン濃度について同様の推定を行う(ただし、塩素イオンは土壌に吸着されないとする)と推定値として38ppmを得る。それゆえ、焼却灰の埋立

開発行為 環境要因		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		の 管理 用 施設 等 の 構 造 物	専 用 道 路 等	の 構 造 物 の 廃 棄 物 埋 立 用	の 構 造 物 の 廃 棄 物 焼 却	大 気 汚 染 防 止 の 運 用	の 焼 却 灰 の 水 洗 理	の 焼 却 灰 の 埋 立 用 の 分 類	の 埋 立 用 の 非 焼 却 廃 棄 物	の 埋 立 用 の 浸 出 水 の 処 理	の 埋 立 用 の 稼 働 用 の 稼 働	の 埋 立 用 の ト ラ ック に よ る 廃 棄 物 輸 送	の 埋 立 用 の 衛 生 管 理
1	表面水の水量					5.83 E-4				7.28 E-4			
2	表面水の 水質	BOD				2.95 E-2	-1.48 E-2			1.09 E-3			
3		Cd				1.41 E-3	-1.27 E-3						
4		Cr				1.06 E-4	-9.50 E-5						
5		Pb				1.07 E-3	-9.50 E-4						
6		Cu				4.54 E-3	-4.09 E-3			3.26 E-13			
7		Zn				4.14 E-4	-3.73 E-4						
8		地下水	BOD							0.9	-0.63		
9	下水	Cl <sup>-</sup>						0.15	0.15				
10	水の質	重 金 属											
11	騒 音										0.06	0.03	
12	大 気 汚 染	NO <sub>x</sub>			0.12								1.93 E-3
13		SO <sub>x</sub>			5.84 E-2	*							
14		HCl			0.19	-1.86 E-1							
15		H.C			1.0 E-3								1.04 E-3
16		CO			1.1 E-2								
17		煤 塵			0.17	-0.08				1.0 E-3			7.78 E-4
18		悪 臭			0.7								
19	地 表 面 形 態	0.17	0.17	0.17									
20	地 表 面 性 状								0.55				-0.50
21	交 通 現 象		1.5 E-4									7.6 E-4	

注：1.5E-3 は 1.5×10<sup>-3</sup> の略記である（図-4 も同じ）。

\* 処理効率のデータが入りできなかったので評価しない。

図-2 第1地区に対するPマトリックス

については塩素イオン濃度に関する要素 (P<sub>9,7</sub>) にのみ 38 ppm/250 ppm=0.15 を記入する。

一般廃棄物の埋立については地下水質の変化と地表面形状の変化に与える影響を評価する。焼却灰の場合と同じ敷地境界での重金属濃度は無視できるほど小さい。塩素イオン濃度、BOD 濃度については廃棄物層浸出液中濃度が常に維持されると仮定し、上と同様にして5年後の敷地境界での濃度を推定し、単位変化量で除しのおの対応する数値 (P<sub>9,8</sub>=0.9, P<sub>9,9</sub>=0.15) を記入する。

トラックによる廃棄物輸送に関しては騒音、大気質、交通現象に対する影響を考慮して、道路から10mの位置での騒音レベルは40.3ホン(A)と推定されるので当該要素 (P<sub>11,11</sub>) には0.03を記入する。トラックの単位走行距離当りの大気汚染物質発生量や気象条件等から、道路から50m離れた位置での汚染物質濃度を推定し、それぞれ単位変化量で除して対応する要素に記入する。得られた、5年後の第1地区に関するPマトリックスを図-2に示す。

b) Qマトリックス

Qマトリックスは環境要因の変化がどの程度の環境影響をもたらすかを示す行列である。また、環境要因の変化と環境要因の2次的変化との関係を表わす部分行列を含んでいる。本報告では特に、環境影響の変化量が単位量に等しい場合にその変化指数を10とする。すなわち、環境影響に限って、その変化指数を次式で与えることにする。

$$(\text{環境影響の変化指数}) = \frac{(\text{環境影響の変化量})}{(\text{環境影響の単位変化量})} \times 10$$

1種類の環境要因が変化することによって多種類の環境影響が出現する場合には、環境影響ごとに評価関数を作成してQマトリックスの要素に与えるべき数値を決定する。たとえば、河川水中のBOD濃度に関する環境基準とそれらを適用して評価する環境影響の種類を整理して表-5に、またQマトリックスの要素値を定めるために用いる評価関数を図-3に示す。Qマトリックスの要素値は表面水中BOD濃度の変化指数が1、つま

表-5 河川水中 BOD 濃度の環境基準と環境影響

類型	利用目的の適応性	環境基準値 (ppm)	対応する評価関数の番号***	対応する環境影響の種類
A	水道2級・水産1級・水浴	2	No. 1	経口摂取の健康障害
B	水道3級・水産2級	3	No. 2	魚類
D	工業用水2級・農業用水	8 (9)*	No. 3	農作物の成長阻害, 土地利用の制約 野鳥等の野生動物
E	工業用水3級・環境保全		No. 4	
		10	No. 5	自然植生, 不快, レクリエーション, 美観, 家畜**

\* 魚類に対する基準値 (3 ppm) の3倍を野鳥等の野生動物に対する許容値とした。  
 \*\* 人の経口摂取による健康障害に対する基準値 (2 ppm) の5倍を家畜に対する基準値とした。  
 \*\*\* 図-4 参照。

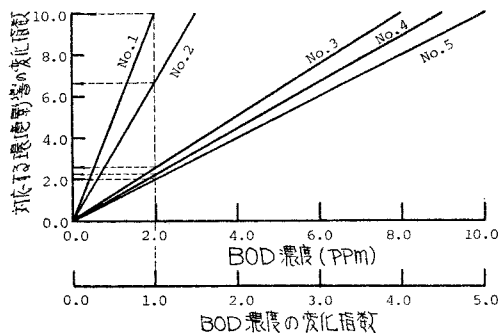


図-3 評価関数の一例 (水中 BOD 濃度の評価)

り 2 ppm であるときの対応する評価関数の値として与えられる。たとえば農作物の成育阻害に対応する要素 ( $q_{1,2}$ ) には, 農作物の成育阻害は No. 3 評価関数を用いる (表-5 参照) ので, 図-3 より BOD 濃度 2 ppm に相当する評価関数値 2.7 を読み取って

記入する。同様にして, 土地利用の制約 ( $q_{16,2}$ ) には 2.7 が, 自然植生の変化 ( $q_{3,2}$ ), 家畜 ( $q_{7,2}$ ), 不快 ( $q_{13,2}$ ), レクリエーション活動の阻害 ( $q_{14,2}$ ) および美観の変化 ( $q_{15,2}$ ) にはそれぞれ 2.0 が, 野鳥等の野生動物 ( $q_{4,2}$ ) には 2.2 が, 魚類 ( $q_{8,2}$ ) には 6.7 が, そして経口摂取による健康障害 ( $q_{9,2}$ ) には 10.0 が与えられることになる。他の環境影響についても同様にして評価関数を作成して, 得られた第1地区に対する Q マトリックスを 図-4 に示す。

c) R マトリックス

環境影響	環境要因	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		表面水の水量	表面水の BOD	表面水の Cd	表面水の Cr	表面水の Pb	表面水の Cu	表面水の Zn	地下水中の BOD	地下水中の Cl <sup>-</sup>	地下水中の風音	騒音	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	HCl	H.C.	CO	煤塵	悪臭物質	地表面の形態	地表面の性状	交通現象
1	農作物の成長阻害	6.7	2.7	0.1	0.5	0.04	500	20	2.7	5	50		0.08	1.3	5	69.5	0.2	6.7				
2	農作物への有害物質蓄積			2.5																		
3	自然植生	6.7	2	0.1	0.5	0.04	1.7	10	2	5			0.08	1.3	5	69.5	0.2	6.7				
4	野鳥		2.2	1.1	0.17	0.33	333	33				5	2	2	2	2		2				
5	カラス・スズメの飛来												-1	-1	-1	-1	-1	-1				10
6	ハエ・カ生																					10
7	家畜		2	2	2	2	2	2				5	1	2	1	1	1	1				
8	魚	10	6.7	3.3	0.5	10	1000	100														
9	経口摂取による健康障害		10	10	10	10	10	10														
10	大気汚染による健康障害												10	10	10	10	10	10				
11	光化学スモッグ												10			10						
12	不眠																					
13	不快		2									10							2.67	10	3.75	6.5
14	レジャー	2	2																	5		6.5
15	美観	2	2			1													2.67		10	
16	土地利用	4	2.7	0.1	0.5	0.04	500	20			5											
17	交通事故																					10
18	表面水の Cd																			3.5		E-5
19	表面水の Cr																			1.4		E-3
20	表面水の Pb																			1.2		E-4
21	表面水の Cu																			2.3		E-5
22	表面水の Zn																			2.3		E-6

図-4 第1地区に対する Q マトリックス

環境影響	環境影響	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		農作物の成長阻害	農作物への蓄積	自然植生	野鳥	カラス・スズメ	ハエ・カの発生	家畜	魚	経口摂取による健康障害	大気汚染による健康障害	光化学スモッグ	不眠	不快	レジャー	美観	土地利用	交通事故	表面水のCd	表面水のCr	表面水のPb	表面水のCu	表面水のZn
1	農作物の成長阻害	1				0.01													0.1	0.1	0.04	500	20
2	農作物への蓄積		1																2.5				
3	自然植生			1															0.1	0.5	0.04	1.7	10
4	野鳥				1														1.1	0.17	0.33	333	33
5	カラス・スズメ					1																	
6	ハエ・カの発生						1																
7	家畜							1											2	2	2	2	2
8	魚								1										3.3	0.5	10	1000	100
9	経口摂取による健康障害		22.7							1									10	10	10	10	10
10	大気汚染による健康障害										1												
11	光化学スモッグ											1											
12	不眠												1										
13	不快					0.05	0.1							1									
14	レジャー								0.135						1								
15	美観															1							
16	土地利用																1		0.1	0.5	0.04	500	20
17	交通事故																	1					

図-5 Rマトリックス (各地区共通)

Rマトリックスは環境影響間の相互作用を記述するマトリックスであり、環境要因の2次的変化を環境影響に変換する部分行列を含んでいる。この部分行列の対応する要素にはQマトリックスの要素に与えたのと同じ数値を記入する。環境影響の相互作用を記述する部分行列の対角成分、つまりある環境影響のそれ自身との間の相互作用を記述する要素には1.0を記入する。

環境影響間の相互作用を以下のようにして評価した。たとえば、カドミウムの農作物（水稲）への蓄積を評価する環境影響指数は、カドミウムを1.0ppm含む米を摂取する場合は、10.0であるとしている。評価対象地域の居住者が、カドミウムを1ppmの濃度で含む米を500g/dayの割合で摂取すると、カドミウムの摂取量は0.5mg/dayになる。一方、経口摂取による健康障害を評価する環境影響指数は、カドミウムを0.01ppm含む飲料水を摂取する場合を10.0としている。それゆえ、飲料水の摂取量を2.2l/dayとすると、飲料水からのカドミウムの摂取量は、0.022mg/dayになる。したがって、農作物にカドミウムが蓄積することの影響を、カドミウムによる人体の健康障害に変換するための係数は0.5(mg/day)/0.022(mg/day)=22.7になる。Rマトリックスの対応する要素( $r_{ij}$ )には22.7を記入する。他の要素についても大略同様の考え方を適用して当該要素

に与える数値を決定した。得られたRマトリックスを図-5に示す。

d) Wマトリックス

Wマトリックスは開発行為によって生じる環境影響の相対的重要度を評価する行列である。本研究では評価対象地区ごとに実施したアンケート調査の結果に基づいて環境影響の相対的重要度を評価した。表-1に示したアンケートの第9問の各項目はそれぞれ17種類の環境影響(表-4参照)に対応している。たとえば、設問項目“公害によって農作物が減収する”は環境影響“農作物の成長阻害”に対応している。

すでに述べた計算方式によって得た各環境影響の相対的重要度を整理して表-6に示す。表-6の数値は相対的重要度を表わしており、個々の数値の絶対値には意味がない。表-6は対角行列Wの対角要素のみを抜き出して示している。行列Wの対角要素以外の要素の数値はすべて0である。

e) Mマトリックス

Mマトリックスは廃棄物処理処分事業を構成する各開発行為の規模を規定する行列である。行列Mは対角行列であり、その対角要素は開発行為の規模が単位規模(表-2参照)の何倍に当たるかを示す。Mマトリックスの対角要素のみを整理して表-7に示す。

表-6 環境影響の相対的重要度 (重要度マトリックス  $W$  の対角要素一覧)

評価対象地区	環境影響																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
第1地区	95	95	89	0	0	171	5	71	229	255	118	63	18	16	5	0	184
第2地区	141	141	73	18	18	127	6	89	170	114	82	57	20	80	25	20	218
第3地区	131	131	54	33	33	90	4	65	148	223	127	115	73	65	42	38	250
第4地区	42	42	78	8	8	72	0	116	170	252	152	88	44	70	12	4	288

表-7 清掃事業を構成する開発行為の規模一覧

(規模マトリックス  $M$  の対角要素)

代替案	開発行為												備考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
現行案	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
1	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	
2	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	注1
3	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	注2
4	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	注3
5	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	注3
6	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	注3
7	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
8	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.85	3.85	1.00	1.00	3.85	1.00	注4
9	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	1.00	

- 注1: サイクロンにより煤塵を除去する(効率80%)ため、 $P$ マトリックスの対応要素を変更する： $P_{17,5} = -0.8 P_{17,4}$ 。
- 注2: ベンチュリー・スクラッパーにより HCl ガスを除去する(効率98%)ため、 $P$ マトリックスの対応要素を変更する： $P_{14,5} = -0.98 P_{14,4}$ 。
- 注3: ベンチュリー・スクラッパー、電機集塵器により排煙処理するため、 $P$ マトリックスの対応要素を変更する： $P_{14,5} = -0.98 P_{14,4}$ 、 $P_{17,5} = -0.97 P_{17,4}$ 。
- 注4: 焼却を停止するため埋立規模指数等が  $54 t/14 t = 3.85$  になる。

(4) 環境影響の評価

以上、得られた5つの行列の積を計算することによって清掃工場周辺の環境影響を評価することができる。

a) 環境影響

環境影響を被むる個人または集団による主観的価値判断を経る以前の、科学的尺度によって計量された客観的な環境影響は行列  $B = R \cdot Q \cdot P \cdot M$  で与えられる。行列  $B$  の任意行の要素の算術和  $\sum_{j=1}^n b_{ij}$  は10を越えてはならない。なぜなら  $\sum_{j=1}^n b_{ij} > 10$  は、第  $i$  番目の環境影響があらかじめ設定した環境基準等の許容限度を越えることを意味するからである\*。現行案による第1地区の環

\* ここでは、清掃事業を実施しない場合の環境質のレベル(バックランドレベル)を無視している。バックランドレベルを無視できない場合は、たとえば、 $B = R \cdot Q \cdot (P \cdot M + G)$  とする等の工夫が必要である。 $G$  は行の数(環境要因の数)が  $P$  マトリックスと同じで、列の数(開発行為の数)が  $P$  マトリックスより1だけ大きく、増した列に相当するバックランドレベルの指数を記入する他は、全要素の値が0の行列である。

境影響を表わす  $B$  マトリックスを図-6に示す。行列  $B$  の任意行の和は、いずれも10を越えることがないため現行の清掃工場は環境影響が許容限度内で操業されていることになる。

図-6は主要な環境影響(変化指数)が不快(9.7)、農作物の生育阻害(6.3)、自然植生の変化(5.6)、大気汚染による健康障害(5.5)等に出現することを示している。非焼却廃棄物の埋立による野生動物、害鳥の飛来に対する影響指数はそれぞれ5.5、5.5と大きい。いずれも処分場の衛生管理によって軽減されている。

b) 環境影響の評価値

環境影響を被むる個人または集団によって主観的に価値判断された環境影響の評価値は行列  $A = W \cdot B$  で与えられる。現行案による第1地区の環境影響の評価値を表わす  $A$  マトリックスを図-7に示す。

環境影響の評価値の主要なものは、大気汚染による健康障害(1405)、農作物の成長阻害(594)、自然植生の変化(501)、不快(175)等である。行列  $B$  で最大の影響指数を示した不快の順位が行列  $A$  では小さくなり、逆に大気汚染による健康障害の順位が高くなっているがこれは第1地区の居住者が不快よりも健康障害の方をより重要であると評価したためである。

c) 環境影響の伝播経路

行列ネットワーク法による環境影響評価では当該影響がどのような経路によって伝播するかを追跡することができる。たとえば、 $B$  マトリックス(図-6)により最も大きな環境影響であることが示されている「不快」が生じる経路は以下のように追跡することができる。まず  $R$  マトリックス(図-5)は「不快」と他の環境影響との相互作用がないことを示している。 $Q$  マトリックス



環境影響	開発行為												環境影響の総和 ( $\sum_j b_{ij}$ )
	1 管理用施設等の 構築	2 専用道路等	3 廃棄物埋立用の 構築	4 廃棄物の焼却	5 大気汚染防止用 設備の運用	6 焼却用施設排水 の処理	7 焼却灰の 埋立処分	8 非焼却廃棄物の 埋立処分	9 埋立場浸出水 の処理	10 埋立用のブル ドーザの稼動	11 トラックによる 廃棄物の輸送	12 埋立生場の管 理	
1				2.24			0.75	3.23			0.08	-0.05	6.25
2				0.00							0.00		0.00
3				2.25			0.75	2.55			0.08		5.62
4				1.10						0.30	0.16		1.55
5				-0.55				5.50			-0.00	-4.95	-0.00
6				0.61				5.50			-4.95		0.55
7				0.00						0.30	0.15		1.06
8				0.00							0.00		0.00
9				0.00							0.00		0.00
10				5.47							0.04		5.51
11				1.17							0.03		1.20
12													0.0
13	0.64	0.64		7.42				0.83	0.60			-0.74	9.69
14		0.00		3.50				0.00			0.00		3.51
15	1.70	1.70		0.45							0.00		3.85
16				0.00						0.30	0.15		0.45
17		0.00									0.01		0.01

注：最右欄は各行の要素の単純和で、各開発行為によって生ずる当該環境影響指数の総和 ( $\sum_j b_{ij}$ ) を示す。

図-6 第1地区・現行案の環境影響マトリックス B

環境影響	開発行為												環境影響の総和 ( $\sum_j a_{ij}$ )
	1 管理用施設等の 構築	2 専用道路等	3 廃棄物埋立用の 構築	4 廃棄物の焼却	5 大気汚染防止用 設備の運用	6 焼却用施設排水 の処理	7 焼却灰の 埋立処分	8 非焼却廃棄物の 埋立処分	9 埋立場浸出水 の処理	10 埋立用のブル ドーザの稼動	11 トラックによる 廃棄物の輸送	12 埋立生場の管 理	
1				212.9			71.3	307.3			7.4	-4.7	594.1
2													0.0
3				199.9			66.8	227.0			6.9		500.5
4													0.0
5													0.0
6								940.5				-846.5	94.1
7				3.0						1.5	0.8		5.3
8				0.1									0.1
9				0.6									0.6
10				1395.9							9.6		1405.4
11				138.1							3.5		141.6
12													0.0
13	11.5	11.5		133.5				15.0	10.8		5.5	-13.4	174.5
14				56.0				0.1			0.1		56.2
15	8.5	8.5		2.2							0.0		19.2
16													0.0
17											1.4		1.4

注：最右欄は各開発行為によって生ずる当該環境影響の評価値の総和 ( $\sum_j a_{ij}$ ) を示す。

図-7 第1地区・現行案の影響評価マトリックス A

(図-4) をみると「不快」に影響を及ぼす主要な環境要因が「騒音」、「悪臭物質」、「交通現象」、「地表面の形態」、「煤塵」等であることがわかる。さらに、Pマトリックスにより「騒音」に影響を及ぼす開発行為が廃棄物埋立用のブルドーザ、トラックによる廃棄物の輸送であること、「悪臭物質」は主として廃棄物の焼却によってもたらされることなどがわかる。このようにして得られる環境影響「不快」の伝播経路を整理して 図-8 に示

す。図-8 は「不快」が8種類の開発行為が原因となり、6種類の環境要因の変化を媒介にして発生することを示している。他の環境影響についても同様の経路解析が可能である。

#### 4. 総合評価の試み

現行の廃棄物処理処分法をより望ましい方法に変更す

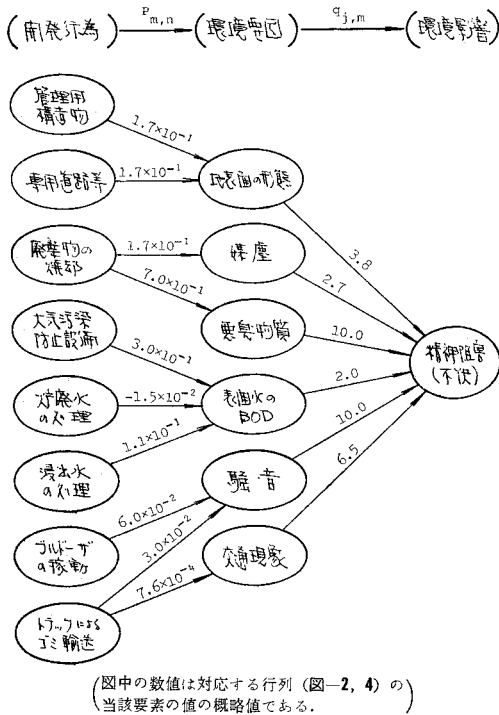


図-8 清掃事業によって生ずる環境影響(精神阻害：不快)の伝播過程(第1地区, 現行案の場合)

るとすればどのような方法を採用するのがより合理的であるかを、環境影響と経済性の両面から総合的に評価することを試みる。

(1) 代替案

a) 考えられる代替案

事業計画の種類(廃棄物の処理処分)を限定すると、可能な代替案はほぼ3種類に分類される。第1は規模の代替案で、事業計画模規の規模を縮小または拡大する代替案である。第2は技術の代替案で、たとえば廃棄物の処理方法を焼却からコンクリート固化に変更するような

代替案がこれに相当する。第3は土地利用あるいは基準の代替案である。環境影響の許容限度、環境基準等は土地利用の形態によって変わる。たとえば多くの環境基準は工場地帯よりも住宅地帯においてより厳しい。それゆえ、清掃工場周辺の土地の用途を、たとえば工場用地に変更するなどの手段により清掃工場の立地・運用を合理化するのが第3の代替案に相当する。評価対象に選んだ清掃工場はすでに立地・運用されているため、ここでは第1および第3の代替案については評価しない。

技術的に実行可能な技術の代替案のうち主要と思われるものを選んで表-8に示す。これらの代替案のうち、たとえば第8および第9代替案は主要な環境影響の発生原因である廃棄物の焼却を中止することを内容にしている。特に第9代替案では廃棄物はコンクリート固化して埋立処分される。各代替案に対応する規模マトリックスMの対角要素を表-7に示す。

b) 代替案の環境影響評価

表-8に示した代替案について環境影響マトリックスB, 環境評価マトリックスAを計算する。ここで検討の対象にしたのは技術の代替案であるから、環境影響評価手法を構成する5つの行列のうち、代替案によって変わるのはPマトリックスのごく一部とMマトリックスのみである。代替案の環境影響を簡単に評価できるのが本評価手法の長所のひとつである。代替案に関するMマトリックスおよびPマトリックスの一部変更箇所を表-7にあわせて示した。

第1地区, 現行案の場合と同様に評価計算を実行し、その結果を整理して表-9に示す。表-9は代替案, 評価対象地区ごとに行列Aの全要素の単純和(当該代替案の実施によって生じるすべての環境影響の総和を表わす)と行列Bの任意行の要素の単純和(当該代替案の実施によって生じる、行番号に対応する環境影響の変化指数を表わす)の最大値とを示した。第1地区に注目すれば、第1代替案による環境影響の評価値が最大で、第

表-8 検討する代替案一覧

番号	代 替 案	大 気 汚 染 防 止 設 備			焼 却 炉 廃 水 処 理	埋 立 地 浸 出 水 処 理	衛 生 管 理	廃 棄 物 の セ メ ン ト 固 化
		サイクロン	ベンチュリー・スクラッパー	電機集塵器				
現行案	40 t 焼 却, 14 t 埋 立*						○	
1	同 上				○		○	
2	同 上	○					○	
3**	同 上		○				○	
4**	同 上		○	○			○	
5	同 上		○	○	○		○	
6	同 上		○	○	○	○	○	
7	同 上		○		○	○	○	
8	54 t 埋 立(焼 却 量 0)					○	○	
9	54 t 埋 立(全量セメント固化)					○	○	○

\* 焼却灰の埋立量を加算すると、埋立量は合計 28 t/day になる。

\*\* 大気汚染防止設備からの廃水は無処理で放流される。

表-9 発生する環境影響の評価値と主要な環境影響

地区 代 替 案	第1地区	第2地区	第3地区	第4地区
現行案	2990(9.7:j=13)	1470(7.3:j=13)	2220(6.7:j=13)	41(0.3:j=13)
1	3860(10.4:j=13)	1570(7.6:j=13)	2410(6.9:j=13)	41(0.3:j=13)
2	1950(9.4:j=13)	1040(7.1:j=13)	1560(6.5:j=13)	170(0.4:j=13)
3	2140(9.5:j=13)	1070(7.2:j=13)	1590(6.6:j=13)	170(0.4:j=13)
4	1840(9.3:j=13)	900(7.0:j=13)	1350(6.4:j=13)	170(0.4:j=13)
5	1730(9.3:j=13)	820(7.0:j=13)	1280(6.4:j=13)	66(0.3:j=13)
6	1460(9.3:j=13)	825(7.0:j=13)	1280(6.4:j=13)	71(0.3:j=13)
7	2720(9.7:j=13)	1470(7.3:j=13)	2220(6.7:j=13)	46(0.3:j=13)
8	1460(5.8:j=1)	160(2.1:j=5)	160(2.1:j=5)	60(0.3:j=13)
9	87(3.4:j=15)	94(1.7:j=15)	63(0.3:j=13)	41(0.3:j=13)

注：たとえば第1地区・現行案の2990(9.7:j=13)は環境評価マトリックス(A)の要素の総和が2990、環境影響マトリックス(B)の行要素の総和(発生する環境影響の変化指数を与える)のうち最大値が9.7であり、対応する環境影響等がj=13、すなわち精神阻害(不快)(表-4参照)であることを示している。

9代替案が最小である。また、第9代替案の主要な環境影響が第15番目つまり美観の変化であること(表-4参照)、第8代替案の主要な環境影響が農作物の生育阻害であることを除けば、他のすべての代替案による環境影響のうちでは精神阻害(不快)が最も主要な影響である。第8代替案の環境影響の評価値が小さいのは廃棄物の焼却による影響がなくなるためであり、第9代替案のそれがさらに小さいのは廃棄物をコンクリート固化することにより地下水の汚染も無視できるほど小さくなると考えているからである。地区別の環境影響の評価値では、清掃工場に近い(図-1参照)第1地区が最も大きく、ついで第3地区(卓越風の風下に位置する)、第2地区、清掃工場から最も遠く離れている第4地区が最も小さい。第1、第2、第3地区の環境影響の評価値は大気汚染防止設備を稼働させることにより大幅に減少している。一方、清掃工場から遠い第4地区では廃棄物焼却による影響がないことから大気汚染防止設備を稼働させることにより排出される廃水による水質汚濁等が原因して逆に環境影響の評価値が大きくなることがある。

第1代替案は第1地区の第13環境影響(不快)の変化指数を10より大きくする。このことは、第1代替案による環境影響が限度以上の不快感をもたらすことを意味するので、当該代替案は棄却されることになる。

c) 代替案の経済性評価

まず市当局が廃棄物を収集・処理・処分することによって評価対象地区の居住者が受けている便益を算定する。ここでは、この便益を既述のアンケート調査の間4に対する回答から算定することにする。すなわち、同設問で得られた一世帯が一月間市当局による清掃事業費を負担してもよいと考える上限金額を、居住者が清掃事業によって受けている便益であると考え、清掃事業がもつ都市環境の保全効果はこの便益に含まれているものとする。当該市域の一世帯一月間の廃棄物収集

量は平均54kgである。それゆえ、収集廃棄物の1t当りの便益は第1地区33700円、第2地区27600円、第3地区28000円、第4地区30900円になる。

清掃事業費は以下の仮定に基づいて算定した。

$$\begin{aligned} (\text{非焼却・埋立処分費用}) &= (\text{収集・輸送費用}) + (\text{埋立用地費用}) \\ (\text{焼却・埋立処分費用}) &= (\text{収集・輸送費用}) + (\text{焼却施設建設費用}) \\ &+ (\text{焼却施設運転費用}) + (\text{焼却灰埋立用地費用}) \end{aligned}$$

清掃工場の管理棟の建設費や埋立用地以外の敷地費用、諸施設の補修費用は考慮しないことにした。収集・輸送費用にはそれに要する人件費を含ませた。諸設備には相当の耐用年数を設定し、減価償却費用を定額法で算定した。算定結果は以下の通りである。各費用は収集廃棄物1t当りに換算して示す。収集・輸送費用7810円/t、非焼却廃棄物の埋立用地費用1840円/t、焼却施設(耐用年数15年)費用1490円/t、焼却施設運転費用290円/t、焼却灰埋立用地費用610円/tである。その他、大気汚染防止施設等に要する費用も同様に算定した。廃棄物の焼却規模を40t/day・8h、廃ガス量30000Nm<sup>3</sup>/hとすると、電気集塵機(耐用年数7年)の建設・運転費用680円/t、ベンチュリー・スクラッパー(耐用年数7年)490円/t、マルチサイクロン(耐用年数7年)320円/t、焼却施設排水処理施設(耐用年数10年)の建設・運転費用150円/t、浸出水処理施設(耐用年数10年)15340円/t、廃棄物のコンクリート固化費用130000円/t、また埋立場の衛生管理費は15000円/dayである。これらの費用算定の基礎資料には主として評価対象施設の実績値を充たし、足りないものは同規模の他施設の実績値で補った。これらの費用から各代替案に要する費用を算出してその結果を表-10の第1欄に示す。

たとえば第8代替案(表-8参照)の費用は、

$$\begin{aligned} & [ \{ (\text{収集費用 } 7810 \text{ 円/t}) + (\text{用地費用 } 1840 \text{ 円/t}) \} \\ & \times (\text{収集量 } 54 \text{ t/day}) + (\text{浸出水処理費用 } 15340 \text{ 円/day}) \\ & + (\text{衛生管理費用 } 15000 \text{ 円/day}) ] \div (\text{収集量 } 54 \text{ t/day}) \\ & = 10210 \text{ 円/t} \end{aligned}$$

となる。廃棄物処理処分費用の大部分(約76%)が収集・輸送費用に費やされていることがわかる。

(2) 総合評価の試み

a) 評価のための指標

代替案の優劣を判定する指標を清掃事業による便益(B)、費用(C)および環境影響の評価値(A)の3要素

で構成することにする。すでに述べたように、ここでいう便益とは廃棄物の処理処分を市当局に代行してもらうことによって得る便益であり、費用とは清掃事業に必要な直接費用である。環境影響の評価値  $A$  は環境評価マトリックス  $A$  の全要素の単純和で与えられる。ここでは代替案の最適性を判断する基準として

$$\frac{B}{C \cdot A} \rightarrow \text{最大}$$

を用いることにする。ただし、各代替案は評価時点において経済的に実行可能な条件 ( $B/C \geq 1.0$ ) を満たすものとする。

指標  $B/C \cdot A$  は、便益-費用比  $B/C$  をさらに環境影響の評価値  $A$  で除している。  $C$  と  $B$  とは共通の尺度（金額）で計量されているが、  $A$  は金額では計量されていない。指標  $B/C \cdot A$  の物理的意味は直接的には必ずしも明らかではないが、上記の最適性の判断基準によって選定される最適代替案は以下の性質を有することになる。第1に、ある意味の経済的投資効率を表わす  $B/C$  が一定の場合には、環境影響  $A$  が小さい代替案が選ばれる。逆に  $A$  が一定の場合には  $B/C$  が大きい代替案が選ばれる。第2に便益  $B$  が一定の場合には  $C \cdot A$  が小さい代替案つまり  $n$  倍の費用  $C$  を負担することにより環境影響  $A$  を  $1/n$  以下にできるような代替案が選ばれる。第3に費用  $C$  が一定の場合には、環境影響  $A$  が小さく便益  $B$  が大きな代替案が選ばれる。環境影響  $A$  が、許容限界値  $A_a$  以下であることを制約条件にして経済的投資効率を最大にする最適性の判断基準を適用すると、選ばれた最適代替案の環境影響は多くの場合  $A_a$  になる。ここで用いる最適性の判断基準によって選ばれる代替案は、環境影響の面からみると、必ずしも環境影響が最小の案でもなければまた影響が許容限界値に等しい案でもない。それゆえ、経済的・技術的に実用可能な限り環境影響が小さくなるような代替案が選ばれると期待される。

#### b) 評価結果

代替案（表-8 参照）ごとに  $B/C \cdot A$  の値を計算し、その結果を表-10 に示す。表-10 中（ ）内に示した数値は  $B/C$  の値である。便益、費用が正しく評価されている場合には  $B/C < 1.0$  の代替案が経済的に実用不可能であると考えるのが妥当である。それゆえ、表-10 中の第9代替案は  $B/C \cdot A$  値は大ききても経済的観点（居住者がその費用を負担しない）から棄却せざるを得なくなる。すでに述べたように第1代替案が環境影響の観点から棄却されているから、現行案を変更する場合の最適案は現行案を含む8種類の案から選定されることになる。

表-10 は、経済的投資効率  $B/C$  が代替案や地区によらずほぼ同程度であるのに対し、指標  $B/C \cdot A$  の値が地区により大きく異なることを示している。これは地区に

表-10 代替案の費用と  $B/C \cdot A$  および  $B/C$  値

代替案	地区	代替案の費用	第1地区	第2地区	第3地区	第4地区
現行案		10340	1.1(3.2)	1.8(2.6)	1.2(2.7)	72.9(3.0)
1		10060	0.8(3.3)	1.8(2.7)	1.2(2.7)	74.9(3.1)
2		10800	1.5(3.1)	2.5(2.5)	1.7(2.6)	16.8(2.9)
3		10830	1.4(3.1)	2.4(2.5)	1.7(2.6)	16.8(2.9)
4		11510	1.5(3.0)	2.6(2.4)	1.8(2.4)	15.7(2.7)
5		11660	1.7(2.9)	2.9(2.4)	1.9(3.1)	40.0(2.0)
6		11940	1.9(2.9)	2.9(2.3)	1.8(2.4)	36.4(2.6)
7		10620	1.2(3.2)	1.8(2.6)	1.2(2.6)	63.1(2.9)
8		10210	2.3(3.3)	16.9(2.7)	17.1(2.7)	50.4(3.0)
9		139650	2.7(0.2)	2.1(0.2)	3.2(0.2)	55.1(0.2)

注1：数値は  $B/C \cdot A$  を1000倍した値。（ ）内の数値は  $B/C$ 。

注2：代替案の費用は収集廃棄物1t当りの円で示す（円/t-廃棄物）。

注3：第1代替案は環境影響が許容限度を越えるため棄却（表-9参照）。

注4：第9代替案は費用が便益を上回る ( $B/C < 1.0$ ) ため棄却。

表-11 最適代替案の選定例

地区	判断基準	代替案の内容を制約しないとき		廃棄物の焼却を前提とするとき	
		Max( $B/C \cdot A$ )	Max( $B/C$ )	Max( $B/C \cdot A$ )	Max( $B/C$ )
第1地区		No. 8	No. 8	No. 6	現行案
第2地区		No. 8	No. 8	No. 5	現行案
第3地区		No. 8	No. 8	No. 5	現行案
第4地区		現行案	No. 8	現行案	現行案

よって環境影響の評価値  $A$  が異なること（表-9 参照）に起因している。この差異は清掃工場の近くにある第1～第3地区と、清掃工場の影響がほとんど及ばない第4地区との間で著しい。

最適性の判断基準  $\text{Max}(B/C \cdot A)$  に基づいて選んだ代替案を地区ごとに整理して表-11 に示す。同表には、経済的投資効率を最大にするという最適性の判断基準  $\text{Max}(B/C)$  に基づいて選んだ代替案を併せて示した。表-11 は最適案が地区により異なることを示している。清掃工場に近い第1～第3地区にとっては第8代替案、すなわち廃棄物を焼却せずにすべて埋立処分する案が最適であり、清掃工場の影響がほとんど及ばない（表-9 参照）第4地区にとっては現行案が最適である。当該地域の大部分の人口が清掃工場の影響が及ばない地域に住んでいることを考えると、現行案は圧倒的多数の支持を得られる案であるといえよう。経済的投資効率の面からいうと各地区とも第8代替案が最適である。第8代替案を実施すると、廃棄物の焼却による減容効果が期待されないことから必要な埋立処分用地は広くなる。それゆえ土地の取得価格が急騰したり、地形的制約から土地の取得が困難になる場合等には、将来にわたっても第8代替案が最適案であり続ける保証はない。

土地の取得に困難が予測されるため廃棄物を焼却減容して処分用地の拡張を抑制する必要がある場合には、第1地区では第6代替案が、第2、3地区では第5代替案が、第4地区では現行案がそれぞれ最適案になる。一般

的にいうと、清掃工場の近くで大きな環境影響をうける地区ほど、厳格な汚染対策を内容にする案を最適案として選んでいる。経済的投資効率の面からいうと各地区とも現行案が最適である。現行案は投資効率を最大にすることを目的にして企画・立案されたものと推定できる。

## 5. 結 論

本研究で得られた結論を廃棄物処理処分事業によって生じる環境影響、選定された最適代替案および適用したアセスメント手法の問題点に区分して整理する。

### (1) 廃棄物処理処分事業による環境影響

① 現行の廃棄物処理処分事業によって生じている環境影響の程度および5年後に期待される環境影響の程度は許容限度内にある。処分した廃棄物に由来する汚染質による地下水の汚染域は清掃工場敷地外には及んでいない。

② 清掃工場に近接する第1地区では大気汚染による健康障害および不快に対する影響が支配的である。ついで影響が大きいのは非焼却廃棄物の埋立処分によるハエ・蚊の発生があるが、この影響は衛生管理を実施することによって軽減される。非焼却廃棄物の埋立による農作物の成長阻害の影響も比較的大きい(図-7参照)。

③ 第2地区の環境影響では廃棄物の焼却に起因する健康障害、農作物の成長阻害、レクリエーション活動の阻害等が支配的であると評価される。

④ 第3地区の環境影響では廃棄物の焼却に起因する健康障害、不快、農作物の成長阻害等が支配的であると評価される。第2地区と異なり不快がレクリエーション活動より大きな影響を生じると評価されているのは、当該地区では前者の影響に対する重要度が後者よりも相対的に大きいからである。

⑤ 清掃工場から遠い第4地区では廃棄物の焼却等工場の操業による直接の影響はほとんど評価されない。廃棄物の輸送に起因する精神阻害(不快)、健康障害、自然植生の変化、交通事故の増加等が支配的であると評価される。これらの環境影響は他地区でも同程度に評価されているが、他地区では他の環境影響が相対的により大きいために目立たない。

⑥ 環境影響の評価値は地区によって大きく変化している(表-9参照)。これは清掃工場の立地に対する評価が場所の関数になることを示している。生じる環境影響は工場の近くで著しく、影響の及ぶ範囲は局地的に限られている。これは工場周辺の土地の用途を指定する立地政策が有効な政策になる素地を提供している。

⑦ 評価時点を5年後に設定して環境影響を評価した

が、清掃工場による影響は主として廃棄物の焼却によって生じ、地下水の汚染によって生じる影響は相対的にあまり重要でないとの評価結果が得られた。評価時点を焼却施設の使用停止後に設定すれば廃棄物の焼却による影響はなくなるが、埋立処分した廃棄物による地下水汚染は継続するから異なる評価結果が得られることになる。このことは環境影響が時間の関数になることを示している。

### (2) 選定された最適代替案

① 収集廃棄物1t当り、居住者が受けている便益は農村地区(第2, 第3地区)で小さく、住宅地区(第1, 第4地区)で大きいとその差は著しくはない。ただし、1戸当り収集される廃棄物量は住宅地区が農村地区に優るから、全体的な実便益は住宅地区でより大きく農村地区でより小さくなる。これは廃棄物収集に従量料金制を導入する合理的根拠を与えらると思われる。

② 清掃工場による環境影響は工場に近いほど著しい。それゆえ、費用、便益、環境影響を同時に考慮すると、清掃事業によって受ける恩恵の不均衡は地区によってさらに拡大される。

③ 地区により最適代替案が異なる。清掃工場に近い地区では第8代替案(廃棄物の非焼却全量埋立、表-8参照)が、遠い地区では現行案が最適であると評価された。第8代替案は経済的投資効率が最大の案でもある(表-11参照)。ただし、第8代替案は用地の取得が困難でないことを前提としている。

④ 廃棄物の焼却を前提にする場合には、第1地区では第6代替案が、第2, 3地区では第5代替案が、第4地区では現行案が最適であると評価された。清掃工場から遠ざかるほど軽度の汚染対策を内容にする案が選定される傾向がある。現行案はいずれの地区においても経済的投資効率が最大になる案である。

⑤ 費用最小の第1代替案は、第1地区では最悪案、第4地区では最適案である。しかしこの案による環境影響は第1地区で許容限度を越えるため、この案は棄却される。第1地区に対する最適案である第9代替案は経済的投資効率  $B/C$  が1より小さい、つまり必要な経費を負担してもらえないから実施不可能である。

### (3) アセスメント手法の問題点

① 環境影響評価手法が線形評価法であるため、本手法によっては数種の開発行為による相加効果は評価できるが、相乗効果や本質的に線形化できない事象(たとえば騒音)による影響を正確に評価することができない。

② 評価手法を構成する各行列の要素に与えた数値はそれぞれ異なった精度・信頼度を有している。これらの

数値のもつ精度・信頼度を揃える努力が必要である。同時に、個々の数値のもつ不確定性が最終的な評価結果にどのように波及するかを明らかにする必要がある。

③ 本研究では評価時点を5年後に設定した。評価時点をいつに設定するかによって環境影響の評価値、したがって選定される最適代替案も変わる可能性がある。合理的な評価時点の設定方法あるいはある時間断面においてのみ環境影響を評価することが妥当であるか（たとえば、環境影響の評価指標として影響の時間積分値を採用することの是非）等について検討する必要がある。

④ 本研究では指標  $B/C \cdot A$  を用いて代替案の優劣を評価した。同指標の妥当性についてはさらに検討する必要がある。たとえば、同指標では  $B, C, A$  のおのおのの重要度を等しいとみなしている。経済性に優先して環境影響を軽減するべきであるとする主張を反映させるためには  $A$  に重要度を評価して、たとえば  $B/C \cdot A^n (n > 1)$  のような指標を用いる必要がある。

⑤ 多くの場合、地区ごとに異なる最適代替案が選ばれる。現実には1つの案を選定しなければ事業の実施は不可能であるが、本アセスメント手法は地区による最適性の相違を調整する手段を与えない。清掃工場周辺の土地の用途を指定する、小規模の清掃工場を分散立地させる、清掃事業に要する費用を料金制によりまかない料金に合理的な地域格差をつけるなどの政策について検討する必要があると思われる。

## 6. おわりに

当該市域から発生する一般廃棄物を集中的に処理処分している清掃工場を評価対象に選定し、行列ネットワーク法によってその環境影響を評価した。あわせて現行案を含む11種類の代替案から、便益、費用、環境影響を考慮して最適案を選定する試みを評価した。本報告で適用した環境影響評価手法および総合評価の試みはなお改良すべき余地を残してはいるが、数年來ますます錯綜の様相を呈しつつある廃棄物処理処分問題を解決する糸口を提供するものと期待する。

最後に本研究の実施にあたり土木計画的立場から有益な助言を賜った京都大学工学部交通土木工学教室の長尾義三教授に、また協力をおしまれなかった評価対象施設の関係者および（財）日本環境衛生センターの皆様にご感謝の意を表わします。

### 参考文献

- 1) 井上頼輝・森澤真輔・小林一朗：廃棄物埋立処分場の環境影響評価手法，土木学会論文報告集 No. 276, pp. 25～34, 1978.
- 2) 井上頼輝・森澤真輔・山口泰正：廃棄物の陸上埋立に起因する地下水汚染の現状と将来予測，土木学会第11回衛生工学研究討論会講演論文集, pp. 47～52, 1975.
- 3) Preul, H.C.: Underground Pollution Analysis and Control, Water Res., 6 [10], p. 1143, 1972.
- 4) 労働科学研究所編：労働衛生ハンドブック, 1962.
- 5) ブランド・グループ編：都市社会の循環構造計画，講談社, 1974.

(1978.7.10・受付)