特集・ごみ焼却を考える

廃棄物処理システムにおける最適化について

安田 憲二*

1. はじめに

従来、最終処分場の確保が困難である日本では、焼却を中心に廃棄物処理が行われてきた。1985年度以降の焼却率は70%以上となっており、1994年度も約75%と高率であるなど、この傾向は現在も変わっていない。しかし、欧米では「持続可能な発展」に向けて廃棄物の減量化、資源化を優先させる政策を積極的に進めており、この過程で焼却処理の見直しが行われている。

一方、最近のダイオキシン問題に絡んで焼却処理にともなう環境汚染を危惧する声が多くなり、これまでの焼却を中心とした廃棄物処理のあり方について再検討することが求められている。このため、ダイオキシンの排出抑制を目的とした広域処理計画の策定に際しても、焼却以外に減量化、資源化などを含めた総合的な処理効果を評価することが必要とされる。また、広域処理計画については、最近の「廃棄物新聞」によると、家庭用パソコンを利用して廃棄物処理システムの最適化をシミュレーションできるソフトが開発されるなど、一般の関心も強くなっている。

そこで、ここでは海外で行われている廃棄物処理システムの最適化に関する取組みについて紹介する。

2. 最適化の方法論

最適化は評価項目が多岐にわたるため、多変量解析などの数値計算で行うのが一般的である。これまでに報告されているものでは、総合的なものとしてマルチクライテリア評価(MCE)^{1)~4)}、混合積分プログラム(MIP)^{5)~10)}で行われているほか、コスト評価に関して回帰分析(LRA)^{11),12)}も用いられている。このほか、ダイナミックプログラム(DP)¹³⁾、ファジー

理論(GFLP)^{14),15)}などによる実施例もある。

これら一連の評価では、必要とされるプログラムの開発のほかに、仮想のモデル地区における検討をもとに数値モデルの精度を評価しているものもある¹²⁾。また、廃棄物処理施設の建設は特定の地域に限定されることから、具体的なケース・スタディの検討に用いられることが多いが、国レベルでの政策モデルに使用するため、あえて施設の建設場所を特定しないで比較評価している方法も見受けられる²⁾。

3. 評価基準等

最適技術の選択で取り上げられている評価基準としては、コスト(経済性)、処理効率、リサイクルおよび環境汚染などがある。これらの基準の中では、特にコストと環境汚染が重視される傾向が認められる。各評価基準に関連した評価項目の範囲は、評価の対象とした廃棄物処理技術の内容によって異なっている。これまで対象となった処理技術は、焼却のほか熱分解、ごみ燃料(RDF)、コンポスト、埋立があり、中間処理に絡めた収集ステーションの評価を行っているものもある¹¹⁾。

処理技術と評価基準の組合わせでは、ごみの排出源における分別の有無が評価に大きく影響する場合が多い。これまでに報告されたもので、この点まで含めて検討しているものは数例^{2),4)}しかなかった。廃棄物処理技術と評価基準、評価項目の関係を図-1に示す。

4. 評価方法

評価方法は対象となる評価基準、項目によって大きく異なっている。ここでは、環境汚染、コストおよびリサイクルの評価について紹介する。

4.1 環境汚染評価

基本的には、各種発生源からの汚染物質インベントリーをもとに、ライフサイクルアセスメント

* 神奈川県環境科学センター
Kenji YASUDA

図1 処理技術と評価基準等の関係

(LCA)の研究で提案されているインパクトアセスメント¹⁶⁾を用いて評価する。対象となる汚染物質は、温暖化ガス、オゾン層破壊物質、酸性雨、発ガン物質など数が多いため、横並びで比較するには重みづけ係数を乗じて単一数値化を行う必要がある。重みづけ係数の決め方は、排出基準値をもとに行うDtT法¹⁷⁾のほか、生態影響も考慮したエコインディケー

タ95^{18),19)}などがある。表1にエコインディケーター95で用いられる重みづけ係数を示す。方法論の詳細はLCA関連の論文を参照されたい。

環境汚染物質は、該当する地域によって影響の程度が異なる。廃棄物処理施設の建設では、地域的な偏りがあることが多い。このため、環境評価を行う場合は、単に濃度だけではなく地域性を考慮した数値化が必要となる。

4.2 コスト評価

評価の対象となる項目は、建設、設備、固定及び運転コストなど種類が多く、相互に関連するものが少なくない。そこで、項目を要素別に細分化し、これまでに得られているデータをもとに回帰分析による直線近似法でコストを評価する^{11),12)}。

これまでの報告では¹⁰⁾、リサイクルの推進により焼却炉や埋立処分場の一部が不要になった場合におけるプラス面のコスト評価、およびケース・スタディに基づいた広域化にともなう収集コスト評価の検討例がある。また、既設炉を整理して広域化を行う場合、設置年度の差を評価する方法についても例示されている¹⁰⁾。

4.3 リサイクル評価

リサイクル評価の対象としてはガラス、紙、鉄、アルミニウムなどの物質回収のほか、メタンや焼

表1 エコインディケーター95で用いられる重みづけ係数

環境問題	特性分析(基準物質への等価換算の根拠) ^{*1}	基準物質など[kg]	重みづけ係数	クライテリア
温暖化	CML(IPCC)	CO ₂	2.5	10年間あたり0.1℃の上昇、5%の生態系破壊
オゾン層破壊	CML(IPCC)	CFC-11	100	100万人あたり1人が致死となる確率
酸性化	CML	SO ₂	10	5%の生態系破壊
富栄養化	CML	P	5	河川および湖沼の水生態系における未知数の破壊?(5%の生態系破壊?)
夏期スモッグ (光化学スモッグ)	CML	POCP	2.5	スモッグの期間の発生、特に喘息患者や老年に対しての健康障害、農業被害の発生
冬期スモッグ	大気 GL	SO ₂	5	スモッグの期間の発生、特に喘息患者や老年に対しての健康障害
農 薬	—	有効成分量	25	5%の生態系破壊
大気中の重金属	大気 GL	Pb	5	未知数の小児に余命と学習能力の低下を起こす血中の鉛レベル
水中の重金属	水 GL	Pb	5	最終的に人間に影響を与える河川中のカドミウム量
発がん物質	大気 GL	PAH	10	100万人あたり1人が致死となる確率

^{*1} CML: ライデン大学環境科学センターによる特性分析

大気 GL: オランダ大気質ガイドライン (Air Quality Guidelines)

水 GL: WHO 飲料水質ガイドライン (Quality Guidelines for Drinking Water)

表2 異なる評価基準における最適技術の選択

選択レベル	経済性を重視	国レベルの判断	環境重視
最適な技術	コンポスト+, -	コンポスト+, - 焼却+	コンポスト+ 埋立+ 焼却+
中間的な技術	焼却+, 焼却- 埋立+, 埋立-	なし なし	焼却-, コンポスト- 埋立-, RDF+
最悪な技術	RDF+, -	焼却- RDF+, - 埋立+, -	RDF-

注) + : 発生源別が最大, - : 発生源別が最小

却炉の廃熱を利用した発電等のエネルギー回収がある。この評価では、対象となる地域で排出される廃棄物の組成、発熱量、施設の規模などにより影響されるため、基礎データの収集が不可欠である。

リサイクルではごみの分別と収集が経費の大部分を占めているので、発生源での分別の有無が評価に大きく影響する。したがって、リサイクル評価を行う際には、発生源分別を含め前もって条件を設定しておく必要がある。

4.4 評価の結果

ここでは、一例としてオランダで行われている主要な廃棄物処理・処分システムに関して、広範囲にわたる評価基準を用いて行った検討結果を表2に示す²⁾。この報告の特徴は、処理技術との組合わせて、ごみの発生源分別が最大と最小の2条件を想定して評価していることである。

5. 今後の検討課題

国としての施策、および各地域で最適化の評価を行う際に検討が必要であると考えられる項目を列挙する。

- (1)各評価基準の値を単一数値化して絶対評価すれば政策決定が容易になる。この場合、地域性を十分に考慮した合理的な根拠が必要になる。
- (2)複数の評価基準について、地域単位で重要度の順位をどのように決めるのか？これまでのように政策決定者と学識経験者との協議だけではなく、関係する住民も交えた検討が必要となる。
- (3)一般廃棄物と産業廃棄物では施設の設置に関する政策決定者が異なるため、両者を統合した評価が可能であるか？今後は両方の廃棄物を一緒に処理するケースも考えられることから、方法論の検討が必要である。

(4)最適化の評価では精度の高いデータ・ベースが必要とされる。いまのところデータの収集、整理は十分といえないので、基礎となるデータの整備を急ぐ必要がある。

参考文献

- 1) Sobal, M. M., Hipel, K. W. and Farquhar, G. J.; "A Multicriteria Model for Solid Waste Management", Journal of Environmental Management, 12, pp.97-110 (1981)
- 2) Maimone, M.; "An Application of Multicriteria Evaluation in Assessing Municipal Solid Waste Treatment and Disposal Systems", Waste Management & Research, 3, pp.217-231 (1985)
- 3) Diakoulaki, D. and Koumoutsos, N. K.; "Comparative Evaluation of Alternative Beverage Containers with Multiple Environmental Criteria in Greece", Resources, Conservation and Recycling, 3, pp.241-252 (1990)
- 4) Chung, S. S. and Poon, C. S.; "Evaluating Waste Management Alternatives by the Multicriteria Approach", Resources, Conservation and Recycling, 17, pp.189-210 (1996)
- 5) Jenkins, L.; "Parametric Mixed Integer Programming: An Application to Solid Waste Management", Management Science, 28, pp.1270-1284 (1982)
- 6) Perlack, R. D. and Willis, C. E.; "Multi-Objective Decision-Making in Waste Disposal Planning", Journal of Environmental Engineering, ASCE, 111, pp.373-385 (1985)
- 7) Gottinger, H. W.; "A computational Model for Solid Waste Management with Applications", Applied Mathematical Modelling, 10, pp.330-338 (1986)
- 8) Kirca, O. and Erskin, N.; "Selecting Transfer Station Locations for Large Solid Waste Systems", European Journal of Operation Research, 38, pp.339-349 (1988)
- 9) Zhu, Z. and ReVelle, C.; "A Cost Allocation Method for Facilities Siting with Fixed-Charge Cost Functions", Civil Engineering Systems, 7, pp.29-35 (1990)
- 10) Chang, N. B. and Wang, S. F.; "Solid Waste Management System Analysis by Multiobjective Mixed Integer Programming Model", Journal of Environmental Management, 48, pp.17-43 (1996)
- 11) Everett, J. W. and Modak, A. R.; "Optimal Regional Scheduling of Solid Waste Systems: I: Model Development", Journal of Environmental Engineering/September, pp.785-792 (1996)
- 12) Everett, J. W. and Modak, A. R.; "Optimal Regional Scheduling of Solid Waste Systems: I: Model Solutions", Journal of Environmental Engineering/September, pp.793-799 (1996)
- 13) Baetz, B. W.; "Optimization/Simulation Modelling for Waste Management Capacity Planning", Journal of Urban Planning and Development, ASCE, 116, pp.59-79 (1990)
- 14) Huang, G. H. and Baetz, B. W.; "A Grey Fuzzy Linear Programming Approach for Municipal Solid Waste Management Planning under Uncertainty", Civil Engi-

neering Systems, 10, pp.123-146 (1993)

- 15) Huang, G. H., Baetz, B. W. and Patry, G. G. ; "Grey Chance-Constraint Programmings : Applying to Municipal Solid Waste Management Planning", Proceedings of Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering, Ontario, Canada, pp.115-116 (1993)
- 16) 寺園 淳 ; "ライフサイクルアセスメント—インパクトア

セスメントにおける環境影響の重みづけ方法—", 安全工学, 35, pp.399-409 (1996)

- 17) Habersatter, K. ; "Oekobilanz von Packstoffen", Stand 1990., BUWAL, Bern (1991)
- 18) Goedkoop, M. ; "The Eco-Indicator 95, Final Report", NOH Report 9523, Amersfoort (1995)
- 19) Goedkoop, M. ; "Manual SimaPro 3, Database reference", Pre Consultants, Amersfoort (1995)

とびくす

ISO14001の取得をめざす大阪府

本誌2月号で、ISO14001についての特集を組み、事例としては主にメーカー、そして建設コンサルタントのオフィスビルについて一例を紹介することができたが、ここでは都道府県レベルでの最初の認証取得を目指す大阪府本庁の動きを紹介する。

自治体としては千葉県白井町がこの1月末に全国で初めて、続いて2月下旬、新潟県上越市が取得した。他に東京都の板橋区、北九州市、仙台市、熊本県の水俣市、滋賀県、大阪市も名乗りを上げており、都道府県レベルでは滋賀県が県立工業技術総合センターで取得を目指している。こうした動きの中で、大阪府は出先機関でなく、本庁機能を受け持つオフィスビルで新年度中の取得を目指すという。

これは94年の環境基本条例、96年の環境総合計画、97年の「環境にやさしい大阪府庁行動計画における数値目標」(表)と展開してきた環境政策の集大成ということになる。さらに、府の出先機関や一事業所でなく、府内総支出の2.9パーセントを占めると言われる消費者であり、かつ公共事業の事業者でもある大阪府本庁が取得することになれば、当然その波及効果には計り知れないものがある。

府のねらいとしては、環境自治体を目指す、と内外に宣言することで自らを律し、また管理システムを内在化させることで府庁内の意識改革と経費の節減を実現するということがまず考えられる。だがさらに、グリーン調達や建設副産物のリサイクルを推進する過程で、府自身が事業者となって取り組む公共事業のあり方そのものが変わってこざるを得ないのではあるまいか。なお、関連情報は次で見ることができる。E-mail : kankyoseisaku@office.pref.osaka.jp

(編集部)

表 環境にやさしい大阪府庁行動計画における数値目標

項 目	現状(本庁舎) (7年度)	計 画 の 目 標 (削減目標値)
エネルギー使用量	電 気 ☆CO ₂ 1,212 t 8,231,769 kWh ☆CO ₂ 換算 988 t	平成13年度までに事務所の使用量をCO ₂ 換算で10%削減 (CO ₂ 換算 121t)
	灯 油 ☆CO ₂ 換算 272 kl 188 t	
	ガ ス ☆CO ₂ 換算 55,798 m ³ 36 t	
水道使用量	85,950 m ³ ☆CO ₂ 換算 14 t	平成13年度までに事務所の使用量をCO ₂ 換算で10%削減 (CO ₂ 換算 1 t)
廃棄物処分量 ※廃棄物処分量 ＝廃棄物発生量 －再資源化量	廃棄物処分量 972 t ☆CO ₂ 換算 233 t	平成13年度までに処分量をCO ₂ 換算で30%削減 (CO ₂ 換算 70 t)
☆CO ₂ 排出量計	1,459 t	192 t削減 (13.2%)
グリーン購入	指定用品中の事務用品のエコ製品比率 (平成8年度予定・金額ベース) 約14%	平成9年度において、指定用品中の事務用品の約50%(金額ベース)をエコ製品に切替え
コピー用紙	コピー用紙の古紙配合率 約60%	平成13年度までにコピー用紙を原則として全て古紙配合率100%の再生紙に切替え
用紙使用量	1億1,951万枚 ※A4換算、購入量ベース	平成13年度までにコピー用紙の使用量(購入量ベース)を30%削減 (3,583万枚) ※A4換算
低公害車の導入	52台 ※平成8年度末見込み	原則として、全ての更新車両に低公害車・低NOx車を導入
熱帯木材の使用抑制	—	府の発注する建築工事におけるコンクリート型枠について、熱帯木材を使用しない割合を75%以上

※削減目標値については、平成13年度における達成目標数値